التفسير العلمي
TAFSIR ILMI
JASAD RENIK
Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains
Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
Badan Litbang dan Diklat
Kementerian Agama RI

JASAD RENIK

Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains

Disusun atas kerja sama

Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI
dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
Badan Litbang dan Diklat
Kementerian Agama RI

"Dengan nama Allah yang Maha Pengasih, Maha Penyayang"

JASAD RENIK
Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains

Cetakan Pertama, Muharam 1437 H/November 2015 M

Oleh:
Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
Gedung Bayt Al-Qur'an dan Museum Istiqlal
Jl. Raya TMII Pintu I Jakarta Timur 13560
Website: lajnah.kemenag.go.id
Email: lpmajkt@kemenag.go.id
Anggota IKAPI DKI Jakarta

Disusun atas kerja sama:
Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an
Badan Litbang & Diklat Kementerian Agama RI
dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Diterbitkan dengan biaya DIPA Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Tahun 2015
Sebanyak : 1000 Eksemplar
Ukuran : 17,5 x 25 cm
ISBN : 978-979-111-009-9

PEDOMAN TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri P dan K
No. 158 tahun 1987 — Nomor 0543/b/u/1987

1. Konsonan

No.	Huruf	Latin
1	ا	Tidak dilambangkan
2	ب	b
3	ت	t
4	ث	s
5	ج	j
6	ح	h
7	خ	kh
8	د	d
9	ذ	z
10	ر	r
11	ز	z
12	س	s
13	ش	sy
14	ص	s
15	ض	d
16	ط	t
17	ظ	z
18	ع	‘
19	غ	g
20	ف	f
21	ق	q
22	ك	k
23	ل	l
24	م	m
25	ن	n
26	و	w
27	هـ	h
28	ء	‘
29	ي	y

2. Vokal Pendek

ـَ	= a	كَتَبَ	kataba
ـِ	= i	سُئِلَ	su`ila
ـُ	= u	يَذْهَبُ	yażhabu

3. Vokal Panjang

ـَا	= ā	قَالَ	Qāla
ـِى	= ī	قِيْلَ	Qīla
ـُو	= ū	يَقُوْلُ	Yaqūlu

4. Diftong

ـَى	= ai	كَيْفَ	kaifa
ـَوْ	= au	حَوْلَ	haula

SAMBUTAN DAN KATA PENGANTAR

MENTERI AGAMA RI

KEPALA BADAN LITBANG DAN DIKLAT
KEMENTERIAN AGAMA RI

KEPALA LAJNAH PENTASHIHAN MUSHAF AL-QUR'AN
KEMENTERIAN AGAMA RI

KEPALA LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
(LIPI)

MEMAHAMI ISYARAT-ISYARAT ILMIAH
AL-QUR'AN: SEBUAH PENGANTAR

SAMBUTAN MENTERI AGAMA RI

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah saya menyambut gembira penerbitan tafsir ilmi (tafsir ayat-ayat kauniyah) dalam Al-Qur'an yang disusun oleh Tim Penyusun Tafsir Ilmi Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama, bekerja sama dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

Al-Qur'an yang diturunkan Allah kepada Nabi Muhammad sejak lima belas abad yang silam telah membuka mata hati dan pikiran umat manusia terhadap kunci segala ilmu, yaitu membaca (*iqra'*). Perintah membaca dalam wahyu pertama merupakan suatu revolusi ilmu pengetahuan (*scientific revolution*) yang terbesar dalam sejarah peradaban kemanusiaan. Oleh karena itu, sungguh menjadi kewajiban bagi umat Islam untuk memahami *sunnatullāh* dan menguasai ilmu pengetahuan yang secara tersurat dan tersirat yang ada di dalam rangkaian ayat-ayat suci Al-Qur'an.

Penyusunan Tafsir Ilmi dilakukan berdasarkan masukan dari para ulama dan pakar dari disiplin ilmu yang beragam. Melalui Tafsir Ilmi ini kita diajak untuk mengamati dan memperhatikan alam semesta yang terbentang luas, termasuk mengamati diri sendiri dengan pendekatan teori-teori ilmu pengetahuan yang telah teruji. Keyakinan tauhid akan semakin kokoh dengan mendalami makna ayat-ayat Al-Qur'an yang menjelaskan kekuasaan-Nya dalam menciptakan alam semesta dan memelihara kese-rasiannya.

Dalam era perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini ayat-ayat tentang ilmu pengetahuan dalam Al-Qur'an semakin banyak di-

buktikan kebenarannya dengan penemuan-penemuan ilmiah yang dipahami secara objektif. Untuk itu, mari kita menghadirkan misi Islam yang universal dalam kehidupan masyarakat modern dengan memahami fenomena-fenomena alam semesta melalui petunjuk-petunjuk Al-Qur'an.

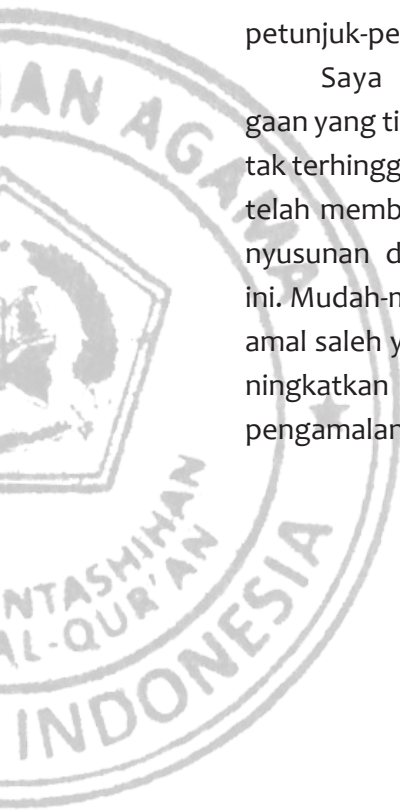
Saya menyampaikan penghargaan yang tinggi dan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang telah memberikan andilnya dalam penyusunan dan penerbitan Tafsir Ilmi ini. Mudah-mudahan upaya ini menjadi amal saleh yang bermanfaat guna meningkatkan kualitas pemahaman dan pengamalan Al-Qur'an oleh masyarakat sebagai bagian integral dari upaya pembangunan karakter bangsa.

Semoga Allah membimbing kita semua untuk dapat memahami ayat-ayat Allah yang terhimpun di dalam Kitab Suci Al-Qur'an dan memahami tanda-tanda kekuasaan-Nya yang terhampar di alam semesta.

Sekian dan terima kasih.

Jakarta,   November 2015

Menteri Agama RI,

Lukman Hakim Saifuddin

SAMBUTAN
KEPALA BADAN LITBANG DAN DIKLAT
KEMENTERIAN AGAMA RI

Pandangan ilmiah Islam meyakini bahwa Allah merupakan sumber segala ilmu. Al-Qur'an yang merupakan wahyu Allah adalah sumber dan rujukan utama ilmu pengetahuan di semesta raya. Ajarannya memuat semua inti ilmu pengetahuan, baik yang menyangkut ilmu umum maupun ilmu agama. Ilmu pengetahuan (sains) disampaikan melalui berbagai fenomena sosial dan alam semesta yang terhampar di hadapan kita, mulai dari galaksi, bumi, daratan, samudra, gunung, manusia, hewan, tumbuhan, hingga jiwa sebagai bagian dari manusia, serta atom sebagai unsur terkecil hingga jasad renik sebagai makhluk terkecil.

Albert Einstein mengatakan bahwa, "*science without religion is blind, and religion without science is lame*" (ilmu tanpa agama adalah buta, dan agama tanpa ilmu adalah lumpuh). Iman hanya akan bertambah dan menguat jika disertai ilmu pengetahuan. Tafsir Ilmi Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an merupakan suatu upaya mengintegrasikan sains dan agama. Ayat-ayat Al-Qur'an mengandung berbagai ilmu pengetahuan yang menjadi jawaban atas berbagai problematika manusia. Agama dan sains, keduanya menunjuk pada realitas sejati yang sama, yaitu Allah *subḥānahū wa ta'ālā*, sumber dari segala kebenaran.

Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an sejak masih berbentuk tim *ad hoc* tahun 1957 hingga menjadi satuan kerja tersendiri pada tahun 2007 di lingkungan Badan Litbang dan Diklat terus berupaya menjadi gerbang utama dalam menjaga dan mengkaji Al-Qur'an. Ayat-ayat Al-Qur'an mengandung kekayaan khazanah ilmu yang luas, konkret, dan ilmiah sepanjang

masa, *fī kulli zamān wa makān,* sebagai sumber ilmu yang tidak akan habis digali.

Kehadiran buku Tafsir Ilmi pada tahun 2015 ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan masyarakat akan penafsiran ilmu agama serta memotivasi masyarakat untuk bersungguh-sungguh mencari dan mempelajari ilmu pengetahuan, sebagai sarana untuk semakin mendekatkan diri kepada Allah.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kami sampaikan atas kontribusi para ulama dan pakar yang berasal dari LIPI, LAPAN, Observatorium Bosscha ITB, dan para pakar lainnya, serta tim penyusun Tafsir Ilmi. Semoga kerja keras tim Tafsir Ilmi Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an dengan berbagai tema sains yang telah dihasilkan mampu menjadi ladang pahala di akhirat kelak.

Jakarta, September 2015
Kepala Badan Litbang dan Diklat

Prof. Dr. H. Abd. Rahman Mas'ud, Ph.D
NIP. 19600416 198903 1 005

SAMBUTAN
KEPALA LAJNAH PENTASHIHAN MUSHAF AL-QUR'AN KEMENTERIAN AGAMA RI

Sebagai salah satu wujud upaya peningkatan kualitas pemahaman, penghayatan, dan pengamalan ajaran Islam (Al-Qur'an) dalam kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara, Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI pada tahun 2011 telah melaksanakan kegiatan kajian dan penyusunan Tafsir Ilmi atau Tafsir Ayat-ayat Kauniyah. Metode yang diterapkan dalam kajian dan penyusunan tafsir ini serupa dengan metode yang digunakan dalam kajian dan penyusunan Tafsir Tematik. Sebagai langkah awal, ayat-ayat yang terkait dengan sebuah persoalan dihimpun untuk selanjutnya dianalisis dalam rangka menemukan pandangan Al-Qur'an yang utuh menyangkut persoalan tersebut. Hanya saja, Tafsir Tematik yang saat ini juga sedang dikembangkan oleh Kementerian Agama menitikberatkan bahasannya pada persoalan akidah, akhlak, ibadah, dan sosial, sedangkan Tafsir Ilmi fokus pada kajian saintifik terhadap ayat-ayat kauniyah dalam Al-Qur'an.

Dalam beberapa tahun terakhir telah terwujud kerja sama yang baik antara Kementerian Agama dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dalam upaya menjelaskan ayat-ayat kauniyah dalam rangka penyempurnaan buku *Al-Qur'an dan Tafsirnya*. Hasil kajian ayat-ayat kauniyah ini dimasukkan ke dalam tafsir tersebut sesuai tempatnya sebagai tambahan penjelasan atas tafsir yang ada, yang disusun berdasarkan urutan mushaf.

Kerja sama dua instansi ini berlanjut ke arah kajian dan penyusunan Tafsir Ilmi semenjak tahun 2009 silam. Hingga saat ini sudah ada enam judul

buku yang berhasil disusun dan diterbitkan. Lantas, kegiatan kajian dan penyusunan Tafsir Ilmi pada Tahun Anggaran 2013 menghasilkan tiga tema yang diterbitkan pada tahun 2015 ini. Keempatnya adalah:

1. *Jasad Renik dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*;
2. *Kepunahan Makhluk di Bumi dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*; dan
3. *Eksistensi Kehidupan di Alam Semesta dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*.

Tim kajian dan penyusunan Tafsir Ilmi terdiri atas para pakar dengan latar belakang keilmuan yang berbeda dan dapat dibedakan dalam dua kelompok. *Pertama*, mereka yang menguasai persoalan kebahasaan dan hal lain yang terkait penafsiran Al-Qur'an, seperti *asbābun-nuzūl, munāsabātul-āyāt*, riwayat-riwayat dalam penafsiran, dan ilmu-ilmu keislaman lainnya. *Kedua*, mereka yang menguasai persoalan-persoalan saintifik, seperti fisika, kimia, geologi, biologi, astronomi, dan lainnya. Kelompok pertama disebut Tim Syar'i, dan yang kedua disebut Tim Kauni. Keduanya bersinergi dalam bentuk *ijtihād jamā'ī* (ijtihad kolektif) untuk menafsirkan ayat-ayat kauniyah dalam Al-Qur'an. Tim penyusun Tafsir Ilmi tahun 2011 terdiri dari:

Pengarah:
1. Kepala Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama RI
2. Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
3. Kepala Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an

Ketua:
Prof. Dr. H. Hery Harjono

Wakil Ketua:
Dr. H. Muchlis M. Hanafi, MA

Sekretaris:
Dr. H. Muhammad Hisyam

Anggota:
1. Prof. Dr. Arie Budiman (alm.)
2. Prof. Dr. H. Hamdani Anwar, MA
3. Prof. Dr. H. Syibli Sardjaya, LML
4. Prof. Dr. Thomas Djamaluddin
5. Prof. Dr. H. Darwis Hude, M.Si
6. Dr. H. Moedji Raharto
7. Dr. H. Soemanto Imam Khasani
8. Dr. H. Hoemam Rozie Sahil
9. Dr. M. Rahman Djuwansyah
10. Dr. Ali Akbar

Staf Sekretariat:
H. Zarkasi, MA.; H. Deni Hudaeny AA, MA.; Muhammad Musadad, S.Th.I.; Muhammad Fatichuddin, S.S.I.; Jonni Syatri, MA; dan H. Harits Fadlly, MA.

Selaku narasumber tetap dalam kajian ini adalah Prof. Dr. H. Umar Anggara Jenie, Apt. M.Sc., Prof. Dr. M. Quraish Shihab, MA., Prof. Dr. H. M. Atho Mudzhar, MA., Dr. KH. Ahsin Sakho Muhammad, MA., dan Prof. Dr. dr. Muhammad Kamil Tajudin, Sp.And.

Mengingat kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat cepat dan menuntut pemahaman yang komprehensif tentang ayat-ayat Al-Qur'an, maka kami berharap kajian dan penyusunan Tafsir Ilmi ini dapat berlanjut seiring dengan dinamika yang terjadi dalam masyarakat.

Akhirnya, kami sampaikan terima kasih yang tulus kepada Menteri Agama yang telah memberikan petunjuk dan dukungan bagi penyusunan Tafsir Ilmi ini. Kami juga menyampaikan terima kasih yang dalam kepada Kepala Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama atas saran dan dukungannya bagi terlaksananya tugas ini. Penghargaan dan ucapan terima kasih kami sampaikan pula kepada para ulama dan pakar, khususnya dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Observatorium Bosscha Institut Teknologi Bandung (ITB), dan para pakar lainnya yang telah terlibat dalam penyusunan Tafsir Ilmi ini. Semoga karya yang dihasilkan bermanfaat bagi masyarakat muslim Indonesia khususnya dan masyara-kat muslim di dunia pada umumnya, serta dicatat dalam timbangan amal saleh.

Jakarta,   November 2015

Kepala Lajnah
Pentashihan Mushaf Al-Qur'an

Dr. H. Muchlis M. Hanafi, MA
NIP. 19710818 200003 1 001

SAMBUTAN KEPALA LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA (LIPI)

Adalah kewajiban kita untuk memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah atas terbitnya buku seri kelima Tafsir Ilmi, yang merupakan hasil kerja sama antara Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, Badan Litbang dan Diklat Agama, Kementerian Agama RI dengan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Seri kelima ini terdiri dari tiga judul: *Jasad Renik dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, *Eksistensi Kehidupan di Alam Semesta dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*, dan *Kepuhanan Makhluk Hi-dup dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Terbitnya tiga buku ini tentu menambah khazanah keilmuan yang merupakan perpaduan antara ilmu *naqliy* (bersumber pada Kitab Suci) dengan ilmu *'aqliy* (bersumber pada olah rasio) yang dalam sejarah Islam telah menjadi tradisi sejak awal perkembangan peradaban Islam di abad 9 Masehi hingga hari ini. Semoga apa yang dihasikan dari kerja keras para ilmuwan yang bekerja sama dengan para ulama Al-Qur'an ini menambah keimanan para pembaca dan kita semua terhadap kebenaran kitab suci Al-Qur'an.

Memahami kitab suci Al-Qur'an dengan bantuan sains sudah sangat lama dilakukan oleh para ulama Muslim. Ini dimungkinkan karena hubungan antara keduanya bisa saling menguatkan. Subjek ini barangkali tidak begitu penting dibicarakan kembali seandainya saja kemajuan sains dan teknologi di Barat tidak menimbulkan dampak yang signifikan pada masyarakat Muslim. Di dunia Barat hubungan agama dan sains telah menimbulkan kontroversi, dan berdampak pula di kalangan akademisi Muslim. Hal ini mendorong kaum Muslim untuk membincang ulang hubungan antara aga-

ma (Kitab Suci) dengan sains. Oleh karena itu, mendiskusikan hubungan Kitab Suci dengan sains masa kini tetap relevan dengan kepentingan umat Islam Indonesia.

Menyingkap rahasia alam dengan pendekatan sains selain dapat sampai pada pemahaman terhadap fenomena dan hukum-hukum alamiah, juga dapat menemukan hakikat wujud di balik hukum-hukum dan keteraturan alam itu, yaitu Tuhan, zat yang mencipta dan mengatur keteraturan itu. Akan tetapi, memang tidak setiap kegiatan sains dapat berujung pada keberadaan Tuhan. Diperlukan modal metafisik terlebih dahulu sebelum kerja sains dilakukan. Dalam Surah Yūnus/10: 101 Allah berfirman yang artinya, "Katakanlah, perhatikan apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman." Jadi, melakukan kegiatan sains tanpa iman dapat menjauhkan diri dari Tuhan. Sebaliknya, mendekati alam dengan kerja sains berlandaskan iman akan mempertebal keimanan.

Sebagai bangsa Indonesia, kita menghadapi tantangan yang berkaitan dengan kegiatan kerja sains dalam perkembangan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang kita alami dan jalani pada masa kini. Ilmu-ilmu yang diajarkan dan dikembangkan di perguruan tinggi dan lembaga-lembaga riset kita adalah ilmu-ilmu yang berasal dari Barat yang empiris sekularistik. Ilmu-ilmu empiris itu dikembangkan di atas anggapan dasar ontologi materialistik, yang hanya mengakui wujud fisik dan menolak yang metafisik. Pendekatan positivisme seperti ini telah merasuki pengembangan ilmu-ilmu pengetahuan dalam masyarakat kita di Indonesia, sementara masyarakat kita adalah masyarakat religius yang dikukuhkan dalam dasar negara Pancasila yang sila pertamanya berbunyi, "Ketuhanan Yang Maha Esa".

Islam sangat menganjurkan pencarian fakta-fakta di alam, layaknya yang dilakukan oleh para ilmuwan melalui pengamatan, seperti diungkap dalam Surah Āli 'Imrān/2: 190–191. Jadi, pencarian fakta-fakta tidak semata untuk memahami kerja jagat raya, tetapi lebih untuk menuju pada penghambaan total kepada Sang Pencipta, seperti Firman Allah dalam Surah aż-Żāriyāt/51: 56, "Aku tidak menciptakan jin dan manusia kecuali untuk beribadah kepada-Ku."

Oleh karena itu, kita memerlukan pengembangan ilmu pengetahuan yang didasarkan pada orientasi yang tepat, yaitu kerangka metafisika yang benar. Penyusunan Tafsir Ilmi yang diusahakan oleh kerja sama antara

Kementerian Agama dengan LIPI ini merupakan upaya mengatasi kesenjangan antara pengembangan sains empiris yang sekularistik dengan orientasi metafisik yang benar, supaya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi membuahkan kesejahteraan bagi umat manusia dan memiliki nilai ibadah. Karena itu, kita memberi apresiasi yang tinggi pada usaha-usaha penyusunan Tafsir Ilmi ini. Kita berharap buku-buku ini memberi pencerahan kepada kita semua dalam upaya menjadikan Al-Qur'an sebagai pegangan dan pedoman dalam kehidupan di zaman mutakhir ini.

Pada akhirnya, saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada Kepala Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama dan Kepala Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an yang telah memprakarsai dan memfasilitasi penulisan buku ini. Kami juga ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada semua pihak yang telah berusaha melahirkan buku-buku ini. Secara khusus, terima kasih disampaikan kepada para penulis, yang dalam lingkungan terbatas disebut Tim Syar'i dan Tim Kauni. Tim Syar'i terdiri atas sejumlah ulama Al-Qur'an, yaitu: Dr. H. Ahsin Sakho Muhammad; Prof. Dr. H. Syibli Syardjaya, LML; Prof. Dr. H. Hamdani Anwar; Dr. H. Muchlis M. Hanafi, MA.; Prof. Dr. H. M. Darwis Hude, M.Si; serta Tim Kauni yang terdiri atas para saintis, yaitu: Prof. Dr. H. Umar Anggara Jenie, M.Sc; Prof. Dr. Hery Harjono; Prof. Dr. H. Muhammad Hisyam, MA; Prof. Dr. Arie Budiman (alm.); Dr. H. Moedji Raharto; Prof. Dr. H. Thomas Djamaluddin; Dr. H. M. Rahman Djuwansyah; dan Ir. H. Hoemam Rozie Sahil. Tidak lupa ucapan terima kasih ditujukan pula kepada staf sekretariat yang terdiri atas H. Zarkasi, MA; H. Deni Hudaeny AA, MA; Muhammad Musadad, S.Th.I; dan Muhammad Fatichuddin, S.S.I.

Kami berharap kiranya kerja sama yang telah dimulai sejak tahun 2005 ini dapat berkembang lebih baik, memenuhi harapan umat Islam di Indonesia khususnya dalam upaya meningkatkan peran pengembangan sains dan teknologi. Semoga usaha mulia ini mendapat ganjaran dari Allah dan dicatat sebagai amal saleh. *Āmīn yā rabbal-'ālamīn.*

Jakarta, November 2015
Kepala Lembaga Ilmu
Pengetahuan Indonesia

Prof. Dr. Iskandar Zulkarnain

MEMAHAMI ISYARAT-ISYARAT ILMIAH AL-QUR'AN; SEBUAH PENGANTAR

Al-Qur'an, kitab suci yang berisikan ayat-ayat *tanzīliyah*, mempunyai fungsi utama sebagai petunjuk bagi seluruh umat manusia baik dalam hubungannya dengan Tuhan, manusia, maupun alam raya. Dengan begitu, yang dipaparkan Al-Qur'an tidak hanya masalah-masalah kepercayaan (akidah), hukum, ataupun pesan-pesan moral, tetapi juga di dalamnya terdapat petunjuk memahami rahasia-rahasia alam raya. Di samping itu, ia juga berfungsi untuk membuktikan kebenaran Nabi Muhammad. Dalam beberapa kesempatan, Al-Qur'an menantang siapa pun yang meragukannya untuk menyusun dan mendatangkan "semacam" Al-Qur'an secara keseluruhan (aṭ-Ṭūr/52: 35), atau sepuluh surah yang semacamnya (Hūd/11: 13), atau satu surah saja (Yūnus/10: 38), atau sesuatu yang "seperti", atau kurang lebih, "sama" dengan satu surah darinya (al-Baqarah/2: 23). Dari sini muncul usaha-usaha untuk memperlihatkan berbagai dimensi Al-Qur'an yang dapat menaklukkan siapa pun yang meragukannya, sehingga kebenaran bahwa ia bukan tutur kata manusia menjadi tak terbantahkan. Inilah yang disebut *i'jāz*. Karena berwujud teks bahasa yang baru dapat bermakna setelah dipahami, usaha-usaha dalam memahami dan menemukan rahasia Al-Qur'an menjadi bervariasi sesuai dengan latar belakang yang memahaminya. Setiap orang dapat menangkap pesan dan kesan yang berbeda dari lainnya. Seorang pakar bahasa akan mempunyai kesan yang berbeda dengan yang ditangkap oleh seorang ilmuwan. Demikian Al-Qur'an menyuguhkan hidangannya untuk dinikmati

dan disantap oleh semua orang di sepanjang zaman.

A. AL-QUR'AN DAN ILMU PENGETAHUAN

Berbicara tentang Al-Qur'an dan ilmu pengetahuan, kita sering dihadapkan pada pertanyaan klasik: adakah kesesuaian antara keduanya atau sebaliknya, bertentangan? Untuk menjawab pertanyaan ini ada baiknya dicermati bersama ungkapan seorang ilmuwan modern, Einstein, berikut, "Tiada ketenangan dan keindahan yang dapat dirasakan hati melebihi saat-saat ketika memperhatikan keindahan rahasia alam raya. Sekalipun rahasia itu tidak terungkap, tetapi di balik itu ada rahasia yang dirasa lebih indah lagi, melebihi segalanya, dan jauh di atas bayang-bayang akal kita. Menemukan rahasia dan merasakan keindahan ini tidak lain adalah esensi dari bentuk penghambaan."

Dari kutipan ini, agaknya Einstein ingin menunjukkan bahwa ilmu yang sejati adalah yang dapat mengantarkan kepada kepuasan dan kebahagiaan jiwa dengan bertemu dan merasakan kehadiran Sang Pencipta melalui wujud alam raya. Memang, dengan mengamati sejarah ilmu dan agama, ditemukan beberapa kesesuaian antara keduanya, antara lain dari segi tujuan, sumber, dan cara mencapai tujuan tersebut. Bahkan, keduanya telah mulai beriringan sejak penciptaan manusia pertama. Beberapa studi menunjukkan bahwa hakikat keberagamaan muncul dalam jiwa manusia sejak ia mulai bertanya tentang hakikat penciptaan (al-Baqarah/2: 30-38).[1]

Lantas mengapa sejarah agama dan ilmu pengetahuan diwarnai dengan pertentangan? Diakui, di samping memiliki kesamaan, agama dan ilmu pengetahuan juga mempunyai objek dan wilayah yang berbeda. Agama (Al-Qur'an) mengajarkan bahwa selain alam materi (fisik) yang menuntut manusia melakukan eksperimen, objek ilmu juga mencakup realitas lain di luar jangkauan panca indera (metafisik) yang tidak dapat diobservasi dan diuji coba. Allah berfirman, *"Maka Aku bersumpah demi apa yang dapat kamu lihat dan demi apa yang tidak kamu lihat."* (al-Ḥāqqah/69: 38). Untuk yang bersifat empiris, memang dibuka ruang untuk menguji dan mencoba (al-'Ankabūt/29: 20). Namun demikian, seorang ilmuwan tidak diperkenankan mengatasnamakan ilmu untuk menolak "apa-apa" yang non-empiris (metafisik), sebab di wilayah ini Al-Qur'an telah menyatakan keterbatasan ilmu manusia (al-Isrā'/17: 85) sehingga diper-

1. 'Abdur-Razzāq Naufal, *Baina ad-Dīn wa al-'Ilm,* h. 42; A. Karīm Khaṭīb, *Allāh Żātan wa Maudū'an,* h. 6.

lukan keimanan. Kerancuan terjadi manakala ilmuwan dan agamawan tidak memahami objek dan wilayahnya masing-masing.

Kalau saja pertikaian antara ilmuwan dan agamawan di Eropa pada abad pertengahan (sampai abad ke-18) tidak merebak ke dunia Islam, mungkin umat Islam tidak akan mengenal pertentangan antara agama dan ilmu pengetahuan. Perbedaan memang tidak seharusnya membawa kepada pertentangan dan perpecahan. Keduanya bisa saling membantu untuk mencapai tujuan. Bahkan, keilmuan yang matang justru akan membawa kepada sikap keberagamaan yang tinggi (Fāṭir/35: 27).

Sejarah cukup menjadi saksi bahwa ahli-ahli falak, kedokteran, ilmu pasti dan lain-lain telah mencapai hasil yang mengagumkan di masa kejayaan Islam. Di saat yang sama mereka menjalankan kewajiban agama dengan baik, bahkan juga ahli di bidang agama. Maka amatlah tepat apa yang dikemukakan Maurice Bucaille, seorang ilmuwan Perancis terkemuka, dalam bukunya *Al-Qur'an, Bibel, dan Sains Modern,* bahwa tidak ada satu ayat pun dalam Al-Qur'an yang bertentangan dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Inilah kiranya yang menyebabkan besarnya perhatian para sarjana untuk mengetahui lebih jauh model penafsiran Al-Qur'an dengan pendekatan ilmu pengetahuan.

B. APA DAN MENGAPA TAFSIR ILMI?

Setiap muslim wajib mempelajari dan memahami Al-Qur'an. Seorang muslim diperintah Al-Qur'an untuk tidak beriman secara membabi-buta *(taqlīd),* tetapi dengan mempergunakan akal pikiran. Al-Qur'an mengajak umat manusia untuk terus berdialog dengannya di sepanjang masa. Semua kalangan dengan segala keragamannya diundang untuk mencicipi hidangannya, hingga wajar jika kesan yang diperoleh pun berbeda-beda. Ada yang terkesan dengan kisah-kisahnya seperti aṡ-Ṡa'labi dan al-Khāzin; ada yang memperhatikan persoalan bahasa dan retorikanya seperti az-Zamakhsyari; atau hukum-hukum seperti al-Qurṭubi. Masing-masing mempunyai kesan yang berbeda sesuai kecenderungan dan suasana yang melingkupinya.

Ketika gelombang Hellenisme ma-suk ke dunia Islam melalui penerjemahan buku-buku ilmiah pada masa Dinasti 'Abbasiyah, khususnya pada masa pemerintahan al-Makmūn (w. 853 M), muncullah kecenderungan menafsirkan Al-Qur'an dengan teori-teori ilmu pengetahuan atau yang kemudian dikenal sebagi tafsir ilmi. *Mafātīḥul-*

Gaib, karya ar-Rāzi, dapat dibilang sebagai tafsir yang pertama memuat secara panjang lebar penafsiran ilmiah terhadap ayat-ayat Al-Qur'an.[2]

Tafsir ilmi adalah sebuah upaya memahami ayat-ayat Al-Qur'an yang mengandung isyarat ilmiah dari perspektif ilmu pengetahuan modern. Menurut Ḥusain aż-Żahabi, tafsir ini membahas istilah-istilah ilmu pengetahuan dalam penuturan ayat-ayat Al-Qur'an, serta berusaha menggali dimensi keilmuan dan menyingkap rahasia kemukjizatannya terkait informasi-informasi sains yang mungkin belum dikenal manusia pada masa turunnya sehingga menjadi bukti kebenaran bahwa Al-Qur'an bukan karangan manusia, namun wahyu Sang Pencipta dan Pemilik alam raya.

Di era modern tafsir ilmi semakin populer dan meluas. Fenomena ini setidaknya dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut.

Pertama, pengaruh kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan Barat (Eropa) terhadap dunia Arab dan kawasan muslim, terlebih pada paruh kedua abad 19 ketika sebagian besar dunia Islam berada di bawah kekuasaan Eropa. Hegemoni Eropa atas kawasan Arab dan muslim ini hanya dimungkinkan oleh superioritas teknologi. Bagi seorang muslim, membaca tafsir Al-Qur'an bahwa persenjataan dan teknik-teknik asing yang memungkinkan orang-orang Eropa menguasai umat Islam sebenarnya telah disebut dan diramalkan di dalam Al-Qur'an, bisa menjadi pelipur lara.[3] Inilah yang diungkapkan M. Quraish Shihab sebagai kompensasi perasaan *inferiority complex* (perasaan rendah diri).[4] Lebih lanjut Quraish menulis, "Tidak dapat diingkari bahwa mengingat kejayaan lama merupakan obat bius yang dapat meredakan sakit, meredakan untuk sementara, tetapi bukan menyembuhkannya."[5]

Kedua, munculnya kesadaran untuk membangun rumah baru bagi peradaban Islam setelah mengalami dualisme budaya yang tecermin pada sikap dan pemikiran. Dualisme ini melahirkan sikap kontradiktif antara mengenang kejayaan masa lalu dan keinginan memperbaiki diri, dengan kekaguman terhadap peradaban Barat yang hanya dapat diambil sisi materinya saja. Yang terjadi kemudian di kawasan muslim adalah budaya "berhati Islam, tetapi berbaju Barat".

2. Sedemikian banyaknya persoalan ilmiah dan logika yang disinggung, Ibnu Taimiyah berkata, "Di dalamnya terdapat apa saja, kecuali tafsir;" sebuah penilaian dari pengikut setia Aḥmad bin Ḥanbal terhadap ar-Rāzi yang diketahui sangat intens dalam mendebat kelompok tersebut. Berbeda dari Ibnu Taimiyah, Tājuddīn as-Subuki berkomentar, "Di dalamnya terdapat segala sesuatu, plus tafsir". Lihat: Fatḥullāh Khalīf, *Fakhruddīn ar-Rāzi*, h. 13.

3. Jansen, *Diskursus Tafsir Al-Qur'an Modern,* h. 67.

4. M. Quraish Shihab, *Membumikan Al-Qur'an,* h. 53.

5. M. Quraish Shihab, *Membumikan Al-Qur'an,* h. 53.

Tafsir ilmi pada hakikatnya ingin membangun kesatuan budaya melalui pola hubungan harmonis antara Al-Qur'an dan pengetahuan modern yang menjadi simbol peradaban Barat.[6] Di saat yang sama, para penggagas tafsir ini ingin menunjukkan pada masyarakat dunia bahwa Islam tidak mengenal pertentangan antara agama dan ilmu pengetahuan seperti yang terjadi di Eropa pada Abad Pertengahan yang mengakibatkan para ilmuwan menjadi korban hasil penemuannya.

Ketiga, perubahan cara pandang muslim modern terhadap ayat-ayat Al-Qur'an, terutama dengan munculnya penemuan-penemuan ilmiah modern pada abad ke-20. Memang Al-Qur'an mampu berdialog dengan siapa pun dan kapan pun. Ungkapannya singkat tapi padat, dan membuka ragam penafsiran. Misalnya, kata *lamūsi'ūn* pada Surah aż-Żāriyāt/51: 47, *"Dan langit itu Kami bangun dengan kekuasaan (Kami), dan sesungguhnya Kami benar-benar meluaskan(nya)"*, dalam karya-karya tafsir klasik ada yang menafsirkannya dengan "meluaskan rezeki semua makhluk dengan perantara hujan"; ada yang mengartikan "berkemampuan menciptakan lebih dari itu"; dan ada pula yang mengartikan "meluaskan jarak antara langit dan bumi".[7] Penafsiran ini didasari atas pandangan kasat mata dalam suasana yang sangat terbatas dalam bidang ilmu pengetahuan. Boleh jadi semuanya benar. Seiring ditemukannya penemuan ilmiah baru, seorang muslim modern melihat ada tafsiran yang lebih jauh dari sekadar yang dikemukakan para pendahulu. Dari hasil penelitian luar angkasa, para ahli menyimpulkan sebuah teori yang dapat dikatakan sebagai hakikat ilmiah, yaitu *nebula* yang berada di luar galaksi tempat kita tinggal terus menjauh dengan kecepatan yang berbeda-beda, bahkan benda-benda langit yang ada dalam satu galaksi pun saling menjauh satu dengan lainnya, dan ini terus berlanjut sampai dengan waktu yang ditentukan oleh Sang Mahakuasa.[8]

Keempat, tumbuhnya kesadaran bahwa memahami Al-Qur'an dengan pendekatan sains modern bisa menjadi sebuah "Ilmu Kalam Baru". Bila dulu ajaran Al-Qur'an diperkenalkan dengan pendekatan logika/filsafat sehingga menghasilkan ratusan bahkan ribuan karya ilmu kalam, sudah saatnya pendekatan ilmiah/ saintifik menjadi alternatif. Di dalam Al-Qur'an terdapat kurang lebih 750–1000 ayat kauniyah, sementara ayat-ayat hu-

6. M. Effat Syarqāwi, *Qaḍāyā Insāniyyah fī A'māl al-Mufassirīn,* h. 88.

7. Lihat misalnya: aṭ-Ṭabarsī, *Tafsīr Majma' al-Bayān,* 9/203.

8. Kementerian Wakaf Mesir, *Tafsīr al-Muntakhab,* h. 774.

kum hanya sekitar 250 ayat.[9] Lalu mengapa kita mewarisi ribuan buku fikih, sementara buku-buku ilmiah hanya beberapa gelintir saja, padahal Tuhan tidak pernah membedakan perintah-Nya untuk memahami ayat-ayat Al-Qur'an. Kalaulah ayat-ayat hukum, muamalat, akhlak dan akidah merupakan petunjuk bagi manusia untuk mengenal dan mencontoh perilaku Tuhan, bukankah ayat-ayat ilmiah juga petunjuk akan keagungan dan kekuasaaan Tuhan di alam raya ini?

C. PRO-KONTRA TAFSIR ILMI

Model tafsir ilmi sudah lama diperdebatkan para ulama, mulai dari ulama klasik sampai ahli-ahli keislaman di abad modern. Al-Gazāli, ar-Rāzi, al-Mursi, dan as-Suyūṭi dapat dikelompokkan sebagai ulama yang mendukung tafsir ini. Berseberangan dengan mereka, asy-Syāṭibi menentang keras penafsiran model seperti ini. Dalam barisan tokoh-tokoh modern, para pendukung tafsir ini di antaranya Muḥammad 'Abduh, Ṭanṭāwi Jauhari, Ḥanafi Aḥmad, berseberangan dengan tokoh-tokoh seperti Maḥmūd Syaltūt, Amīn al-Khūli, dan 'Abbās 'Aqqād.

Mereka yang berkeberatan dengan model tafsir ilmi berargumentasi antara lain dengan melihat:

9. Wawancara Zaglūl an-Najjār dengan Majalah Tasawuf Mesir, Edisi Mei 2001.

1. *Kerapuhan filologisnya*

Al-Qur'an diturunkan kepada bangsa Arab dalam bahasa ibu mereka, karenanya ia tidak memuat sesuatu yang mereka tidak mampu memahaminya. Para sahabat tentu lebih mengetahui Al-Qur'an dan apa yang tercantum di dalamnya, tetapi tidak seorang pun di antara mereka menyatakan bahwa Al-Qur'an mencakup seluruh cabang ilmu pengetahuan.

2. *Kerapuhannya secara teologis*

Al-Qur'an diturunkan sebagai petunjuk yang membawa pesan etis dan keagamaan; hukum, akhlak, muamalat, dan akidah. Ia berkaitan dengan pandangan manusia mengenai hidup, bukan dengan teori-teori ilmiah. Ia buku petunjuk dan bukan buku ilmu pengetahuan. Adapun isyarat-isyarat ilmiah yang terkandung di dalamnya dikemukakan dalam konteks petunjuk, bukan menjelaskan teori-teori baru.

3. *Kerapuhannya secara logika*

Di antara ciri ilmu pengetahuan adalah bahwa ia tidak mengenal kata "kekal". Apa yang dikatakan sebagai *natural law* tidak lain hanyalah sekumpulan teori dan hipotesis yang sewaktu-waktu bisa berubah. Apa yang dianggap salah di masa silam, misalnya, boleh jadi diakui kebenarannya di abad modern. Ini menunjukkan bahwa produk-pro-

duk ilmu pengetahuan pada hakikatnya relatif dan subjektif. Jika demikian, patutkah seseorang menafsirkan yang kekal dan absolut dengan sesuatu yang tidak kekal dan relatif? Relakah kita mengubah arti ayat-ayat Al-Qur'an sesuai dengan perubahan atau teori ilmiah yang tidak atau belum mapan itu?[10]

Ketiga argumentasi di atas agaknya yang paling populer dikemukakan untuk menolak tafsir ilmi. Pengantar ini tidak ingin mendiskusikannya dengan menghadapkannya kepada argumentasi kelompok yang mendukung. Kedua belah pihak boleh jadi sama benarnya. Karenanya, tidak produktif jika terus mengkonfrontasikan keduanya. Yang dibutuhkan adalah formula kompromistik untuk lebih mengembangkan misi dakwah Islam di tengah kemajuan ilmu pengetahuan.

Diakui bahwa ilmu pengetahuan itu relatif; yang sekarang benar, bisa jadi besok salah. Tetapi, bukankah itu ciri dari semua hasil budi daya manusia, sehingga di dunia tidak ada yang absolut kecuali Tuhan? Ini bisa dipahami karena hasil pikiran manusia yang berupa *acquired knowledge* (ilmu yang dicari) juga mempunyai sifat atau ciri akumulatif. Ini berarti dari masa ke masa ilmu akan saling melengkapi sehingga ia akan selalu berubah. Di sini manusia diminta untuk selalu berijtihad dalam rangka menemukan kebenaran. Apa yang telah dilakukan para ahli hukum (fukaha), teologi, dan etika di masa silam dalam memahami ayat-ayat Al-Qur'an merupakan ijtihad baik, sama halnya dengan usaha memahami isyarat-isyarat ilmiah dengan penemuan modern. Yang diperlukan adalah kehati-hatian dan kerendahan hati. Tafsir, apa pun bentuknya, hanyalah sebuah upaya manusia yang terbatas untuk memahami maksud kalam Tuhan yang tidak terbatas. Kekeliruan dalam penafsiran sangat mungkin terjadi, dan tidak akan mengurangi kesucian Al-Qur'an. kendatipun, kekeliruan dapat diminimalkan atau dihindari dengan memperhatikan kaidah-kaidah yang ditetapkan para ulama.

D. PRINSIP DASAR DALAM PENYUSUNAN TAFSIR ILMI

Dalam upaya menjaga kesucian Al-Qur'an para ulama merumuskan beberapa prinsip dasar yang sepatutnya diperhatikan dalam menyusun sebuah tafsir ilmi, antara lain:[11]

1. Memperhatikan arti dan kaidah-kaidah kebahasaan. Tidak sepatutnya

10. Asy-Syāṭibī, *al-Muwāfaqāt*, 2/46; Amīn al-Khūli, *Manāhij Tajdīd,* h. 219.

11. Poin-poin prinsip ini disimpulkan dari ketetapan Lembaga Pengembangan I‘jāz Al-Qur'an dan Sunah, Rābiṭah ‘Ālam Islāmi di Mekah dan lembaga serupa di Mesir (Lihat wawancara Zaglūl dalam Majalah Tasawuf Mesir Edisi Mei 2001 dan *al-Kaun wa al-I‘jāz al-‘Ilmī fī al-Qur'ān* karya Manṣūr Ḥasab an-Nabi, Ketua Lembaga I‘jāz Mesir)

kata "*ṭayran*" dalam Surah al-Fīl/105: 3, "*Dan Dia turunkan kepada mereka Burung Ababil*" ditafsirkan sebagai kuman seperti dikemukakan oleh Muḥammad 'Abduh dalam *Tafsīr Juz 'Amma*-nya. Secara bahasa itu tidak dimungkinkan, dan maknanya menjadi tidak tepat, sebab akan bermakna, "dan Dia mengirimkan kepada mereka kuman-kuman yang melempari mereka dengan batu ......".

2. Memperhatikan konteks ayat yang ditafsirkan, sebab ayat-ayat dan surah Al-Qur'an, bahkan kata dan kalimatnya, saling berkorelasi. Memahami ayat-ayat Al-Qur'an harus dilakukan secara komprehensif, tidak parsial.
3. Memperhatikan hasil-hasil penafsiran dari Rasulullah *ṣalallāhu 'alaihi wa sallam* selaku pemegang otoritas tertinggi, para sahabat, tabiin, dan para ulama tafsir, terutama yang menyangkut ayat yang akan dipahaminya. Selain itu, penting juga memahami ilmu-ilmu Al-Qur'an lainnya seperti *nāsikh-mansūkh, asbābun-nuzūl,* dan sebagainya.
4. Tidak menggunakan ayat-ayat yang mengandung isyarat ilmiah untuk menghukumi benar atau salahnya sebuah hasil penemuan ilmiah. Al-Qur'an mempunyai fungsi yang jauh lebih besar dari sekadar membenarkan atau menyalahkan teori-teori ilmiah.
5. Memperhatikan kemungkinan satu kata atau ungkapan mengandung sekian makna, kendatipun kemungkinan makna itu sedikit jauh (lemah), seperti dikemukakan pakar bahasa Arab, Ibnu Jinni, dalam *al-Khaṣā'iṣ* (2/488). Al-Gamrāwi, seorang pakar tafsir ilmiah Al-Qur'an Mesir, mengatakan, "Penafsiran Al-Qur'an hendaknya tidak terpaku pada satu makna. Selama ungkapan itu mengandung berbagai kemungkinan dan dibenarkan secara bahasa, maka boleh jadi itulah yang dimaksud Tuhan".[12]
6. Untuk bisa memahami isyarat-isyarat ilmiah hendaknya memahami betul segala sesuatu yang menyangkut objek bahasan ayat, termasuk penemuan-penemuan ilmiah yang berkaitan dengannya. M. Quraish Shihab mengatakan, "...sebab-sebab kekeliruan dalam memahami atau menafsirkan ayat-ayat Al-Qur'an antara lain adalah kelemahan dalam bidang bahasa serta kedangkalan pengetahuan menyangkut objek bahasan ayat".
7. Sebagian ulama menyarankan agar tidak menggunakan penemuan-penemuan ilmiah yang masih bersifat teori dan hipotesis, sehingga dapat

12. *Al-Islām fī 'Aṣr al-'Ilm,* h. 294.

berubah. Itu karena teori tidak lain adalah hasil sebuah "pukul rata" terhadap gejala alam yang terjadi. Begitu pula hipotesis, masih dalam taraf uji coba kebenarannya. Yang digunakan hanyalah yang telah mencapai tingkat hakikat kebenaran ilmiah yang tidak bisa ditolak lagi oleh akal manusia. Sebagian lain mengatakan, sebagai sebuah penafsiran yang dilakukan berdasar kemampuan manusia, teori dan hipotesis bisa saja digunakan di dalamnya, tetapi dengan keyakinan kebenaran Al-Qur'an bersifat mutlak, sedangkan penafsiran itu relatif, bisa benar dan bisa salah.

Penyusunan Tafsir Ilmi dilakukan melalui serangkaian kajian yang dilakukan secara kolektif dengan melibatkan para ulama dan ilmuwan, baik dari Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, LIPI, LAPAN, Observatorium Bosscha, dan beberapa perguruan tinggi. Para ulama, akademisi, dan peneliti yang terlibat dibagi dalam dua tim: Syar'i dan Kauni. Tim Syar'i bertugas melakukan kajian dalam perspektif ilmu-ilmu keislaman dan bahasa Arab, sedang Tim Kauni melakukan kajian dalam perspektif ilmu pengetahuan.

Kajian tafsir ilmi tidak dalam kerangka menjustifikasi kebenaran temuan ilmiah dengan ayat-ayat Al-Qur'an, juga tidak untuk memaksakan penafsiran ayat-ayat Al-Qur'an hingga seolah-olah berkesesuaian dengan temuan ilmu pengetahuan. Kajian tafsir ilmi berangkat dari kesadaran bahwa Al-Qur'an bersifat mutlak, sedang penafsirannya, baik dalam perspektif tafsir maupun ilmu pengetahuan, bersifat relatif.

Akhirnya, segala upaya manusia tidak lain hanyalah setitik jalan untuk menemukan kebenaran yang absolut. Untuk itu, segala bentuk kerja sama yang baik sangat diperlukan, terutama antara ahli-ahli di bidang ilmu pengetahuan dan para ahli di bidang agama, dalam mewujudkan pemahaman Al-Qur'an yang baik.[]

Jakarta, Oktober 2015

Dr. H. Muchlis M. Hanafi, MA
NIP. 19710818 200003 1 001

DAFTAR ISI

BAB I
PENDAHULUAN

A. AL-QUR’AN MEMBINCANG JASAD RENIK

سُبْحٰنَ الَّذِيْ خَلَقَ الْاَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْۢبِتُ الْاَرْضُ وَمِنْ اَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُوْنَ ٣٦

Mahasuci (Allah) yang telah menciptakan semuanya berpasang-pasangan, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka sendiri, maupun dari apa yang tidak mereka ketahui. (Yāsīn/36:36)

وَّالْخَيْلَ وَالْبِغَالَ وَالْحَمِيْرَ لِتَرْكَبُوْهَا وَزِيْنَةً ۗ وَيَخْلُقُ مَا لَا تَعْلَمُوْنَ ٨

Dan (Dia telah menciptakan) kuda, bagal, dan keledai, untuk kamu tunggangi dan (menjadi) perhiasan. Allah menciptakan apa yang tidak kamu ketahui. (an-Naḥl/16: 8)

Frasa “*dari apa yang tidak mereka ketahui*” dan “*Allah menciptakan apa yang tidak kamu ketahui*” pada dua ayat di atas mengindikasikan akan eksistensi atau adanya bentuk-bentuk kehidupan yang belum diketahui oleh manusia pada saat wahyu Al-Qur’an turun. Saat itu, kuda dan keledai telah diketahui dan dimanfaatkan oleh bangsa Arab untuk ditunggangi. Bagal, hewan hasil kawin silang kuda betina dengan keledai jantan bahkan sudah jamak dikenal. Hewan-hewan yang sudah diketahui oleh masyarakat pada masa Al-Qur'an turun ini disandingkan dengan sesuatu yang tidak atau belum mereka ketahui, dan dijanjikan untuk diketahui manusia di masa mendatang, di antaranya adalah jasad renik.

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, manusia akhirnya dapat mengenal makhluk baru yang belum diketahui sebelumnya, seperti yang ditunjukkan oleh Al-Qur'an. Pasca-penemuan mikroskop, bentuk-bentuk kehidupan baru yang terlalu kecil untuk dilihat mata telanjang manusia dapat diidentifikasi. Manusia lantas mulai mempelajari bentuk-bentuk kehidupan yang ditunjukan oleh Al-Qur'an itu. Ayat yang lain menunjukkan eksistensi jasad renik, mikroba, atau mikroorganisme, yang tak terlihat oleh mata telanjang manusia dan umumnya terdiri atas satu sel (*single cell*), antara lain:

وَقَالَ الَّذِيْنَ كَفَرُوْا لَا تَأْتِيْنَا السَّاعَةُ ۗ قُلْ بَلٰى وَرَبِّيْ لَتَأْتِيَنَّكُمْۙ عٰلِمِ الْغَيْبِۙ لَا يَعْزُبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ فِى السَّمٰوٰتِ وَلَا فِى الْاَرْضِ وَلَآ اَصْغَرُ مِنْ ذٰلِكَ وَلَآ اَكْبَرُ اِلَّا فِيْ كِتٰبٍ مُّبِيْنٍۙ ٣

Dan orang-orang yang kafir berkata, "Hari Kiamat itu tidak akan datang kepada kami." Katakanlah, "Pasti datang, demi Tuhanku Yang mengetahui yang gaib, Kiamat itu pasti akan datang kepadamu. Tidak ada yang tersembunyi bagi-Nya sekalipun seberat zarrah baik yang di langit maupun yang di bumi, yang lebih kecil dari itu atau yang lebih besar, semuanya (tertulis) dalam Kitab yang jelas (Lauḥ Maḥfūẓ)," (Saba'/34: 3)

وَمَا تَكُوْنُ فِيْ شَأْنٍ وَّمَا تَتْلُوْا مِنْهُ مِنْ قُرْاٰنٍ وَّلَا تَعْمَلُوْنَ مِنْ عَمَلٍ اِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُوْدًا اِذْ تُفِيْضُوْنَ فِيْهِ ۗ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَّبِّكَ مِنْ مِّثْقَالِ ذَرَّةٍ فِى الْاَرْضِ وَلَا فِى السَّمَاۤءِ وَلَآ اَصْغَرَ مِنْ ذٰلِكَ وَلَآ اَكْبَرَ اِلَّا فِيْ كِتٰبٍ مُّبِيْنٍ ٦١

Dan tidakkah engkau (Muhammad) berada dalam suatu urusan, dan tidak membaca suatu ayat Al-Qur'an serta tidak pula kamu melakukan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu ketika kamu melakukannya. Tidak lengah sedikit pun dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar żarrah, baik di bumi ataupun di langit. Tidak ada sesuatu yang lebih kecil dan yang lebih besar dari-pada itu, melainkan semua tercatat dalam Kitab yang nyata (Lauḥ Maḥfūẓ). (Yūnus/10: 61)

Ayat-ayat ini memberi manusia penjelasan tentang adanya bentuk kehidupan hasil ciptaan Allah yang ukurannya amat kecil. Hal serupa juga dikemukakan dalam firman Allah berikut.

فَلَآ اُقْسِمُ بِمَا تُبْصِرُوْنَۙ ٣٨ وَمَا لَا تُبْصِرُوْنَۙ ٣٩

Maka Aku bersumpah demi apa yang kamu lihat, dan demi apa yang tidak kamu lihat. (al-Ḥāqqah/ 69: 38–39)

Al-Qur'an bahkan berbicara tentang ilmu mikrobiologi dalam ayat berikut.

قُلِ ادْعُوا الَّذِيْنَ زَعَمْتُمْ مِّنْ دُوْنِ اللّٰهِ ۚ لَا يَمْلِكُوْنَ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ فِى السَّمٰوٰتِ وَلَا فِى الْاَرْضِ وَمَا لَهُمْ فِيْهِمَا مِنْ شِرْكٍ وَّمَا لَهٗ مِنْهُمْ مِّنْ ظَهِيْرٍ ٢٢

Katakanlah (Muhammad), "Serulah mereka yang kamu anggap (sebagai tuhan) selain Allah! Mereka tidak memiliki (kekuasaan) seberat żarrah pun di langit dan di bumi, dan mereka sama sekali tidak mempunyai peran serta dalam (penciptaan) langit dan bumi dan tidak ada di antara mereka yang menjadi pembantu bagi-Nya." (Saba'/34: 22)

Kata *żarrah* pada ayat ini berarti benda yang sangat kecil. Katakanlah, dari sudut pandang manusia, benda itu termasuk jasad renik atau molekul atom. Melalui ayat ini Allah mengajari manusia bahwa hanya Dia-lah yang mengatur kehidupan dalam dunia jasad renik yang sangat luas. Dunia jasad renik "tersembunyi" dari manusia, dan mereka tidak memiliki kontrol apa pun atasnya. Jasad renik memiliki ukuran sangat kecil. Bakteri, misalnya, hanya berukuran antara 0,2–0,5 mikron (1 mikron sama dengan seperseribu milimeter). Virus pun demikian, hanya berukuran antara 50–500 nanometer (1 nanometer sama dengan seperseribu micron).

Jasad renik dapat pula dipahami dari kata *dābbah*. Kata ini, yang biasa diterjemahkan menjadi makhluk melata, sebenarnya mengandung arti semua makhluk yang bergerak, termasuk di dalamnya manusia, hewan, dan semua makhuk hidup ciptaan Allah yang sudah maupun belum dikenal manusia . Menurut asy-Sya'rāwiy (t.th.: 2, 8008), *dābbah* adalah semua yang bergerak di muka bumi, termasuk makhluk renik yang baru bisa tampak bila dilihat dengan bantuan kaca pembesar. Pengertian demikian ini dapat dilihat pada firman Allah berikut.

وَاللّٰهُ خَلَقَ كُلَّ دَاۤبَّةٍ مِّنْ مَّاۤءٍۚ فَمِنْهُمْ مَّنْ يَّمْشِيْ عَلٰى بَطْنِهٖۚ وَمِنْهُمْ مَّنْ يَّمْشِيْ عَلٰى رِجْلَيْنِۚ وَمِنْهُمْ مَّنْ يَّمْشِيْ عَلٰٓى اَرْبَعٍۗ يَخْلُقُ اللّٰهُ مَا يَشَاۤءُۗ اِنَّ اللّٰهَ عَلٰى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيْرٌ ﴿٤٥﴾

Dan Allah menciptakan semua jenis hewan dari air, maka sebagian ada yang berjalan di atas perutnya dan sebagian berjalan dengan dua kaki, sedang sebagian (yang lain) berjalan dengan empat kaki. Allah menciptakan apa yang Dia kehendaki. Sungguh, Allah Mahakuasa atas segala sesuatu. (an-Nūr/24: 45)

Kata *dābbah* ini ditemukan juga pada 13 ayat lainnya, yakni pada ayat-ayat berikut.

اِنَّ فِيْ خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَاخْتِلَافِ الَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِيْ تَجْرِيْ فِى الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَآ اَنْزَلَ اللّٰهُ مِنَ السَّمَاۤءِ مِنْ مَّاۤءٍ فَاَحْيَا بِهِ الْاَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيْهَا مِنْ كُلِّ دَاۤبَّةٍۖ وَّتَصْرِيْفِ الرِّيٰحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاۤءِ وَالْاَرْضِ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّعْقِلُوْنَ ﴿١٦٤﴾

Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang, kapal yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang diturun-

kan Allah dari langit berupa air, lalu dengan itu dihidupkan-Nya bumi setelah mati (kering), dan Dia tebarkan di dalamnya bermacam-macam binatang, dan perkisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh, merupakan tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mengerti. (al-Baqarah/2: 164)

وَمَا مِنْ دَاۤبَّةٍ فِى الْاَرْضِ وَلَا طٰۤىِٕرٍ يَّطِيْرُ بِجَنَاحَيْهِ اِلَّآ اُمَمٌ اَمْثَالُكُمْ ۗ مَا فَرَّطْنَا فِى الْكِتٰبِ مِنْ شَيْءٍ ثُمَّ اِلٰى رَبِّهِمْ يُحْشَرُوْنَ ﴿٣٨﴾

Dan tidak ada seekor binatang pun yang ada di bumi dan burung-burung yang terbang dengan kedua sayapnya, melainkan semuanya merupakan umat-umat (juga) seperti kamu. Tidak ada sesuatu pun yang Kami luputkan di dalam Kitab, kemudian kepada Tuhan mereka dikumpulkan. (al-An‘ām/6: 38)

وَمَا مِنْ دَاۤبَّةٍ فِى الْاَرْضِ اِلَّا عَلَى اللّٰهِ رِزْقُهَا وَيَعْلَمُ مُسْتَقَرَّهَا وَمُسْتَوْدَعَهَا ۗ كُلٌّ فِيْ كِتٰبٍ مُّبِيْنٍ ﴿٦﴾

Dan tidak satupun makhluk bergerak (bernyawa) di bumi melainkan semuanya dijamin Allah rezekinya. Dia mengetahui tempat kediamannya dan tempat penyimpanannya. Semua (tertulis) dalam Kitab yang nyata (Lauḥ Maḥfūẓ). (Hūd/ 11: 6)

اِنِّيْ تَوَكَّلْتُ عَلَى اللّٰهِ رَبِّيْ وَرَبِّكُمْ ۗ مَا مِنْ دَاۤبَّةٍ اِلَّا هُوَ اٰخِذٌۢ بِنَاصِيَتِهَا ۗ اِنَّ رَبِّيْ عَلٰى صِرَاطٍ مُّسْتَقِيْمٍ ﴿٥٦﴾

Sesungguhnya aku bertawakal kepada Allah Tuhanku dan Tuhanmu. Tidak satu pun makhluk bergerak yang bernyawa melainkan Dialah yang memegang ubun-ubunnya (menguasainya). Sungguh, Tuhanku di jalan yang lurus (adil). (Hūd/ 11: 56)

وَلِلّٰهِ يَسْجُدُ مَا فِى السَّمٰوٰتِ وَمَا فِى الْاَرْضِ مِنْ دَاۤبَّةٍ وَّالْمَلٰۤىِٕكَةُ وَهُمْ لَا يَسْتَكْبِرُوْنَ ﴿٤٩﴾

Dan segala apa yang ada di langit dan di bumi hanya bersujud kepada Allah yaitu semua makhluk bergerak (bernyawa) dan (juga) para malaikat, dan mereka (malaikat) tidak menyombongkan diri. (an-Naḥl/16: 49)

وَلَوْ يُؤَاخِذُ اللّٰهُ النَّاسَ بِظُلْمِهِمْ مَّا تَرَكَ عَلَيْهَا مِنْ دَاۤبَّةٍ وَّلٰكِنْ يُّؤَخِّرُهُمْ اِلٰٓى اَجَلٍ مُّسَمًّىۚ فَاِذَا جَاۤءَ اَجَلُهُمْ لَا يَسْتَأْخِرُوْنَ سَاعَةً وَّلَا يَسْتَقْدِمُوْنَ ﴿٦١﴾

Dan kalau Allah menghukum manusia karena kezalimannya, niscaya tidak akan ada yang ditinggalkan-Nya (di bumi) dari makhluk yang melata sekalipun, tetapi Allah menangguhkan mereka sampai waktu yang sudah ditentukan. Maka apabila ajalnya tiba, mereka tidak dapat meminta penundaan atau percepatan sesaat pun. (an-Naḥl/16: 61)

وَاِذَا وَقَعَ الْقَوْلُ عَلَيْهِمْ اَخْرَجْنَا لَهُمْ دَاۤبَّةً مِّنَ الْاَرْضِ تُكَلِّمُهُمْ اَنَّ النَّاسَ كَانُوْا بِاٰيٰتِنَا لَا يُوْقِنُوْنَ ࣖ ﴿٨٢﴾

Dan apabila perkataan (ketentuan masa kehancuran alam) telah berlaku atas mereka, Kami keluarkan makhluk bergerak yang bernyawa dari bumi yang akan mengatakan kepada mereka bahwa manusia dahulu tidak yakin kepada ayat-ayat Kami. (an-Naml/27: 82)

وَكَاَيِّنْ مِّنْ دَاۤبَّةٍ لَّا تَحْمِلُ رِزْقَهَا ۖ اللّٰهُ يَرْزُقُهَا

وَاِيَّاكُمْ وَهُوَ السَّمِيْعُ الْعَلِيْمُ ﴿٦٠﴾

Dan berapa banyak makhluk bergerak yang bernyawa yang tidak (dapat) membawa (mengurus) rezekinya sendiri. Allah-lah yang memberi rezeki kepadanya dan kepadamu. Dia Maha Mendengar, Maha Mengetahui. (al-'Ankabūt/29: 60)

خَلَقَ السَّمٰوٰتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا وَاَلْقٰى فِى الْاَرْضِ رَوَاسِيَ اَنْ تَمِيْدَ بِكُمْ وَبَثَّ فِيْهَا مِنْ كُلِّ دَاۤبَّةٍۗ وَاَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً فَاَنْۢبَتْنَا فِيْهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيْمٍ ﴿١٠﴾

Dia menciptakan langit tanpa tiang sebagaimana kamu melihatnya, dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi agar ia (bumi) tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembangbiakkan segala macam jenis makhluk bergerak yang bernyawa di bumi. Dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik. (Luqmān/31: 10)

فَلَمَّا قَضَيْنَا عَلَيْهِ الْمَوْتَ مَا دَلَّهُمْ عَلٰى مَوْتِهٖٓ اِلَّا دَاۤبَّةُ الْاَرْضِ تَأْكُلُ مِنْسَاَتَهٗ ۚ فَلَمَّا خَرَّ تَبَيَّنَتِ الْجِنُّ اَنْ لَّوْ كَانُوْا يَعْلَمُوْنَ الْغَيْبَ مَا لَبِثُوْا فِى الْعَذَابِ الْمُهِيْنِۗ ﴿١٤﴾

Maka ketika Kami telah menetapkan kematian atasnya (Sulaiman), tidak ada yang menunjukkan kepada mereka kematiannya itu kecuali rayap yang memakan tongkatnya. Maka ketika dia telah tersungkur, tahulah jin itu bahwa sekiranya mereka mengetahui yang gaib tentu mereka tidak tetap dalam siksa yang menghinakan. (Saba'/34: 14)

وَلَوْ يُؤَاخِذُ اللّٰهُ النَّاسَ بِمَا كَسَبُوْا مَا تَرَكَ عَلٰى ظَهْرِهَا مِنْ دَاۤبَّةٍ وَّلٰكِنْ يُّؤَخِّرُهُمْ اِلٰٓى اَجَلٍ مُّسَمًّىۚ فَاِذَا جَاۤءَ اَجَلُهُمْ فَاِنَّ اللّٰهَ كَانَ بِعِبَادِهٖ بَصِيْرًا ﴿٤٥﴾

Dan sekiranya Allah menghukum manusia disebabkan apa yang telah mereka perbuat, niscaya Dia tidak akan menyisakan satu pun makhluk bergerak yang bernyawa di bumi ini, tetapi Dia menangguhkan (hukuman)nya, sampai waktu yang sudah ditentukan. Nanti apabila ajal mereka tiba, maka Allah Maha Melihat (keadaan) hamba-hamba-Nya. (Fāṭir/35: 45)

وَمِنْ اٰيٰتِهٖ خَلْقُ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَمَا بَثَّ فِيْهِمَا مِنْ دَاۤبَّةٍۗ وَهُوَ عَلٰى جَمْعِهِمْ اِذَا يَشَاۤءُ قَدِيْرٌ ﴿٢٩﴾

Dan di antara tanda-tanda (kebesaran)-Nya adalah penciptaan langit dan bumi dan makhluk-makhluk yang melata yang Dia sebarkan pada keduanya. Dan Dia Mahakuasa mengumpulkan semuanya apabila Dia kehendaki. (asy-Syūrā/42: 29)

وَفِيْ خَلْقِكُمْ وَمَا يَبُثُّ مِنْ دَاۤبَّةٍ اٰيٰتٌ لِّقَوْمٍ يُّوْقِنُوْنَۙ ﴿٤﴾

Dan pada penciptaan dirimu dan pada makhluk bergerak yang bernyawa yang bertebaran (di bumi) terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) untuk kaum yang meyakini (al-Jāṡiyah/45: 4)

Demikianlah, pada 14 abad yang lalu Al-Qur'an telah memberi indikasi terkait eksistensi kehidupan yang tidak tampak oleh mata telanjang, namun

berguna bagi kehidupan manusia. Saat ini manusia mulai mengetahui peran makhluk renik dalam kehidupan manusia dan bumi secara keseluruhan. Pemberitahuan tentang makhluk renik ini hanya salah satu dari sekian banyak mukjizat yang diungkapkan Al-Qur'an.

Jasad renik dapat pula dikaitkan dengan kata *ṭa'un* dalam sabda Nabi. Secara literal *ṭa'un* berarti penyakit pes, sampar, atau wabah. Sampar adalah penyakit menular; wabah adalah penyakit menular yang berjangkit secara cepat dan menyerang sejumlah orang dalam area yang luas; dan pes adalah basil pes atau sampar (*Kamus Besar Bahasa Indonesia*, 1991).

Jasad renik mempunyai peran dan fungsi masing-masing dalam menjaga keseimbangan kehidupan di bumi. Fenomena siklus nitrogen, misalnya, yang merupakan proses biologis penting untuk pembentukan kehidupan di bumi, hanya mungkin terjadi dengan kehadiran bakteri. Jamur renik yang hidup di akar tanaman juga merupakan elemen penting yang dibutuhkan oleh tanaman, karena dengan kehadirannya tanaman dapat mengambil unsur-unsur mineral/hara dari tanah. Adanya bakteri tertentu dalam mulut manusia berfungsi mencegah keracunan oleh makanan yang mengandung nitrat, seperti daging atau salad. Empat belas abad yang lalu Al-Qur'an telah mengisyaratkan adanya bentuk-bentuk kehidupan yang tidak kasat mata. Inilah mukjizat yang spektakular dalam ayat-ayat Al-Qur'an. Mahasuci Allah dengan segala firman-Nya.

B. SEKILAS TENTANG JASAD RENIK

Mikroorganisme atau jasad renik memiliki satu kesamaan, yaitu ukuran yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang manusia. Ilmu yang mempelajari perikehidupan dan lingkungan hidupnya dinamai Mikrobiologi, suatu cabang ilmu pengetahuan yang dimulai dengan penemuan jasad renik oleh Antony van Leeuwenhoek pada 1675.

Kehadiran jasad renik dibicarakan sebagai suatu hipotesis selama berabad-abad sebelum penemuannya dibuktikan secara ilmiah pada abad ke-17. Teori pertama tentang jasad renik kemungkinan dikemukakan oleh seorang peneliti dari Roma, Marcus Trentis Carro, dalam bukunya yang berbicara tentang pertanian. Dia menyarankan agar manusia tidak membangun rumah di sekitar rawa. Di tempat itu, tulisnya, banyak makhluk sangat kecil dan tidak terlihat oleh mata telanjang yang melayang di udara dan memasuki tubuh melalui mulut dan hidung yang akan memicu timbulnya penyakit.

Pernyataan Marcus Trentis Carro ini memperlihatkan bahwa masyarakat pada masa lalu telah memahami kemungkinan tersebarnya penyakit akibat organisme yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang.

Ibnu Sīnā yang dikenal dengan nama latin Avicienna, seorang ilmuwan muslim dan ahli pengobatan dari Persia, menyatakan dalam bukunya *al-Qānūn fī aṭ-Ṭibb* (*The Canon of Medicine*) bahwa tinja terkontaminasi dengan suatu organisme yang tak tampak. Dia juga berteori tentang menularnya penyakit tuberculosis dan beberapa penyakit infeksi lainnya, dan menyarankan cara karantina untuk mencegah penularan. Dia telah menulis sekitar 450 buku dalam berbagai subjek, seperti filosofi, astronomi, dan yang terbanyak, tentang pengobatan.

Pada abad ke-14 terjadi wabah demam yang dijuluki "Black Death". Wabah ini bermula dari India, kemudian menyebar ke Cina, Rusia, Suriah, hingga Eropa. Saat mencapai kawasan Andalusia (sekarang Spanyol dan sekitarnya), dua ahli pengobatan keturunan Arab bernama al-Khātimah dan Ibnu al-Khaṭīb berhipotesis bahwa penyakit ini disebabkan oleh organisme renik yang memasuki tubuh manusia dan menimbulkan penyakit. Bibit penyakitnya sendiri disebarkan oleh kutu dan tikus. Al-Khātimah dalam bukunya membahas panjang lebar cara penularan penyakit ini dan cara pencegahannya. Dia, pada 1369, adalah orang pertama yang mengobservasi bahwa manusia dikelilingi dan dimasuki oleh jasad renik.

Sementara itu, Ibnu al-Khaṭīb melalui bukunya yang sangat fenomenal, *On The Plague,* terkenal akan keberaniannya dalam mengedepankan teori infeksi sebagai penyebab timbulnya wabah. Ia bahkan tidak segan mempertentangkan pendapatnya ini dengan kepercayaan di tengah masyarakat bahwa wabah penyakit merupakan kutukan Tuhan.

Masih ada beberapa ilmuwan dan ahli pengobatan muslim lainnya yang mencetuskan teori maupun hipotesis tentang peran jasad renik sebagai penyebab penyakit pada manusia, di antaranya:

a. Al-Ḥasan al-Qamariy, penulis buku *Ginā wa Munā* yang membahas penyebab dan akibat dari gonorrhea, berabad-abad sebelum penyakit ini diketahui oleh para ahli di Eropa.
b. Aṭ-Ṭabariy, orang pertama yang menyatakan tuberculosis sebagai penyakit infeksi dan tidak saja menyerang paru-paru, tetapi juga banyak organ lainnya.
c. Bahā' ad-Daulah, ilmuwan Arab yang pada 1507 menemukan bahwa batuk rejan disebabkan oleh

bakteri. Para ahli di Eropa baru menyadari hal ini seratus tahun kemudian.

Pendapat para ilmuwan muslim ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh para ilmuwan Eropa. Pada 1546, misalnya, Girolamo Fracostro mengusulkan bahwa wabah penyakit disebabkan oleh tersebarnya organisme serupa biji yang dapat menyebarkan infeksi melalui kontak langsung, kontak tidak langsung, bahkan tanpa kontak sekalipun.

Semua pendapat di atas bersifat spekulatif dan tidak didasarkan pada data atau ilmu pengetahuan. Jasad renik saat itu belum dapat dibuktikan, diamati, dan dijelaskan secara akurat hingga abad ke-17. Alasan utamanya adalah belum adanya alat dasar yang mampu melihat dan mendeskripsikan jasad renik secara ilmiah. Alat tersebut adalah mikroskop yang baru ditemukan pada tahun 1675 oleh Antony van Leuwenhoek, seorang peneliti asal Belanda.

Bentuk jasad renik beraneka ragam. Sebagian besar terdiri atas organisme bersel satu (*unicellular*), meski ada pula yang bersel banyak (*multicellular*). Mata telanjang manusia hanya dapat menangkap benda dengan ukuran di atas 0,1–0,2 mm (100–200 µm), sedangkan jasad renik umumnya berukuran lebih kecil dari 100 µm.

Begitu kecil ukuran jasad renik sehingga dapat diilustrasikan bahwa dalam satu sendok teh tanah diperkirakan terkandung sekitar satu juta jasad renik. Secara total, jumlah jenis jasad renik dapat mencapai 60% dari jumlah seluruh jenis makhluk hidup di bumi. Para peneliti memperkirakan bahwa sekitar 2–3 miliar jenis jasad renik berbagi hidup dengan manusia, hewan, dan tumbuhan.

Kelompok besar jasad renik terdiri atas bakteri, jamur renik, archaea, dan protista, disusul kemudian oleh tumbuhan renik (alga) dan hewan renik seperti rotifer dan udang renik. Sebagian ahli mikrobiologi memasukkan virus ke dalam kategori jasad renik, namun sebagian lainnya meyakini virus bukan termasuk makhluk hidup, sehingga secara otomatis keluar dari golongan organisme renik.

Jasad renik diperkirakan sudah ada di bumi paling tidak pada 3.500 juta tahun yang lalu. Mereka muncul pada masa-masa permulaan terbentuknya bumi, ketika kondisi alamnya masih sangat ekstrem. Pada masa itu tidak ada makhluk hidup yang dapat bertahan, kecuali jasad renik. Jasad renik pertama diduga terdiri atas kelompok archaea, yang sampai saat ini jenisnya banyak ditemukan hidup di kawasan ekstrem (antara lain kawah gunung berapi, lautan berkadar garam

tinggi, kawasan yang ditutupi es abadi, batuan, dan kawasan ekstrem sejenis). Cyanobacteria, suatu kelompok bakteri terbesar yang mampu melakukan fotosintesis, diperkirakan baru muncul pada 28.000 juta tahun yang lalu. Kelompok inilah yang ditengarai bertanggung jawab meningkatkan kandungan oksigen di atmosfer bumi, dari hanya 1% ke level sekarang, yakni 21%. Kehadiran oksigen di bumi memungkinkan terjadinya evolusi jenis-jenis jasad renik aerobik (yang hidup dengan memanfaatkan oksigen) dan mulai menempati seluruh habitat di bumi. Jenis-jenis Cyanobacteria yang berbeda membentuk komunitas jasad renik bersama dengan kelompok jasad renik lainnya. Hewan menyusui dan tumbuhan berbunga termasuk dalam pendatang baru, dan baru hadir di bumi pada 100 juta tahun yang lalu.

Jasad renik hidup di hampir semua bagian dari biosfer, sepanjang masih ada air atau uap air. Mereka dapat hidup di tanah, sumber air panas, laut dalam, atmosfer, bahkan di dalam batu pada kerak bumi. Banyak jenis jasad renik mampu merombak bahan organik sehingga mereka berperan penting dalam siklus nutrien pada suatu ekosistem. Jenis lainnya berperan "menangkap" atau "mengikat" nitrogen dari udara dan memulai terjadinya siklus nitrogen. Di samping itu, jasad renik juga berperan dalam siklus elemen lainnya, seperti siklus karbon, fosfor, sulfur, dan sebagainya. Penelitian mutakhir mengindikasikan bahwa jasad renik yang melayang di udara mungkin sekali memiliki peran penting dalam terjadinya hujan dan perubahan iklim. Tidak berlebihan bila dikatakan bahwa sebagian besar jenis jasad renik berkontribusi positif terhadap kehidupan di bumi dengan memelihara keseimbangan jaringan elemen kimia di alam.

Selain yang menguntungkan, beberapa jenis lain jasad renik dapat menyebabkan penyakit infeksi pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Jasad renik patogen (organisme yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia) ini menggangu sistem kerja organisme inangnya dengan mengeluarkan racun atau merusak sel-sel tubuh secara fisik.

Saat ini para ahli bioteknologi telah mampu melakukan eksploitasi aktivitas jasad renik untuk keuntungan manusia, di antaranya guna memproduksi obat-obatan, enzim, vaksin, vitamin, dan makanan olahan. Jasad renik juga dimanfaatkan untuk keperluan pertanian secara luas. Jasad renik pun digunakan untuk mendaur ulang sampah perkotaan dan bahan beracun lain agar menjadi bahan-bahan yang aman untuk digunakan kembali. []

BAB II
MENGENAL JASAD-JASAD RENIK

Jasad renik atau mikroorganisme telah diindikasikan oleh Al-Qur'an dalam berbagai bentuk, seperti pada Surah Yāsīn/36: 36 dan an-Naḥl/16: 8 yang berbicara mengenai penciptaan makhluk yang tidak manusia ketahui. Penciptaan organisme yang sangat kecil disebutkan dalam Surah Saba'/34: 3, Yūnus/10: 61, al-Ḥāqqah/69: 38–39, dan Saba'/34: 22. Dalam Surah an-Nūr/24: 45 dan beberapa ayat lain, jasad renik diindikasikan dengan kata *dābbah* yang dipahami sebagai organisme yang bergerak, baik yang sudah maupun yang belum diketahui oleh manusia.

Kata mikrorganisme, yang dikenal juga dengan istilah jasad renik, berasal dari bahasa Yunani *mikros* (kecil) dan *organismos* (organisme, makhluk). Lazimnya kata ini digunakan untuk menunjuk organisme bersel satu, meski tidak selalu, yang tidak dapat dilihat mata telanjang. Ada satu organisme yang walaupun bersel satu, namun ukurannya cukup besar sehingga dapat dilihat dengan mata telanjang, yaitu *Thiomargarita namibiensis*.

Dalam ilmu pengetahuan, secara umum organisme hidup dibagi ke dalam dua kelompok besar, yaitu:

a. Prokariota. Organisme yang masuk ke dalam kelompok Prokariota adalah organisme yang tidak memiliki inti sel dan beberapa organ sel lain. Kelompok ini ditemukan selalu dalam bentuk sel tunggal (*unicellular*), yang hidup soliter maupun berkelompok. Kelompok ini

seluruhnya terdiri atas jasad renik, yang terbagi dalam dua bagian, yaitu bakteri dan archaea.

b. Eukariota. Kelompok ini berbeda dari kelompok besar Prokariota, karena memiliki sel yang sempurna (di antaranya mempunyai inti sel, *Golgi apparatus*, mitokondria, dan beberapa organ lainnya). Kelompok ini umumnya terdiri atas banyak sel dan dapat dilihat dengan mata telanjang. Beberapa di antaranya tidak dapat dilihat dengan mata telanjang meski terdiri atas banyak sel. Jasad renik yang berada dalam kelompok besar ini terdiri atas protista, jamur renik, tumbuhan renik, dan hewan renik.

Virus adalah kelompok besar tersendiri, karena tidak memiliki ciri yang sama dengan dua kelompok di atas. Virus merupakan yang terkecil dari semua jasad renik yang ada. Sampai saat ini, virus masih diperdebatkan statusnya sebagai bagian organisme hidup atau bukan.

Terlepas dari perdebatan para ahli mikrobiologi, maka untuk mudahnya kita dapat membagi jasad renik ke dalam tujuh kelompok berikut.

c. Bakteri adalah jasad renik, yang sebagian besar jenisnya bermanfaat bagi makhluk hidup lainnya, seperti manusia, hewan, dan tumbuhan. Sebagian lainnya memicu penyakit infeksi dalam kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan. Kelompok yang terakhir ini disebut jasad renik patogen.

d. *Archaea* adalah kelompok jasad renik yang jamak ditemukan hidup di kawasan ekstrem, seperti kawah gunung berapi dan sumber air panas, perairan berkadar garam sangat tinggi, kawasan kutub yang hampir selalu tertutup es, dan sejenisnya. Kelompok ini diduga merupakan penghuni pertama saat bumi masih dalam keadaan labil.

e. Protista adalah kelompok yang sangat beragam dalam bentuk, ukuran, dan perikehidupannya. Jasad renik yang masuk dalam kelompok ini adalah Protozoa.

f. Jamur (*fungi*) renik adalah kelompok yang antara lain membentuk ragi, jamur lendir, dan cendawan (*mushroom*) yang banyak dikenal oleh masyarakat awam.

g. Alga merupakan kelompok tumbuhan renik yang dapat berfotosintesis dan menjadi sumber utama energi bagi bumi, baik di masa lalu maupun masa kini.

h. Hewan renik adalah hewan bersel satu, ada pula yang bersel banyak, namun terlalu kecil untuk dapat dilihat dengan mata telanjang. Beberapa di antaranya adalah je-

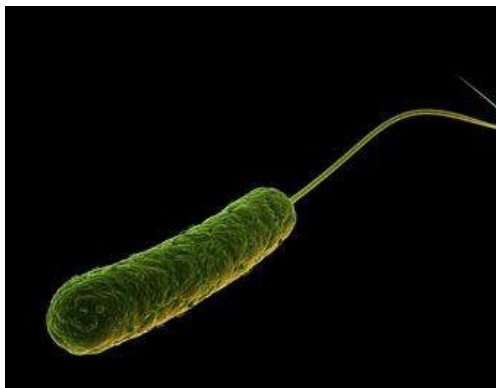
nis-jenis yang dikenal dengan zooplankton yang hidup di air tawar maupun air asin, cacing dan udang renik, tungau, kutu, dan beberapa jenis hewan renik lainnya.

i. Virus adalah jasad renik terkecil yang sampai saat ini masih dipertanyakan apakah merupakan organisme hidup atau benda mati.

A. PROKARIOTA

Termasuk kelompok Prokariota adalah organisme yang tidak memiliki inti sel dan beberapa organ sel lainnya. Kelompok ini ditemukan selalu dalam bentuk sel tunggal *(unicellular)*, yang hidup soliter maupun berkelompok. Ukurannya berkisar dari yang paling renik, dikenal dengan nama *submicroscopic bacteria*, yang berkisar antara 0,15 µm (mycoplasma), 0,25 µm (chlamydae), 0,45 µm (rikketsiae), hingga yang berukuran lebih besar, sampai dengan 2,0 µm (kebanyakan bakteri).

Prokariota diwakili oleh dua kelompok, yaitu bakteri (Gambar 2.1) dan archaea (Gambar 2.2). *Pseudomonas aeruginosa* adalah sejenis bakteri yang hanya akan menginfeksi orang yang sistem imun tubuhnya lemah. Archaea dicontohkan oleh marga *Sulfolobus* yang dapat hidup dengan nyaman di lingkungan mata air panas yang dipenuhi sulfur.

Kedua kelompok ini secara bersama-sama membentuk makhluk hidup yang terbanyak jenisnya dan menempati habitat yang paling beragam di bumi. Dapat dikatakan bahwa organisme bakteri dan archaea akan selalu ditemukan hidup di lingkungan mana pun, sepanjang masih memiliki kandungan air, walaupun sangat sedikit dan suhunya masih berada di bawah

Gambar 2.1
Bakteri Pseudomonas aeruginosa. (buzzle.com)

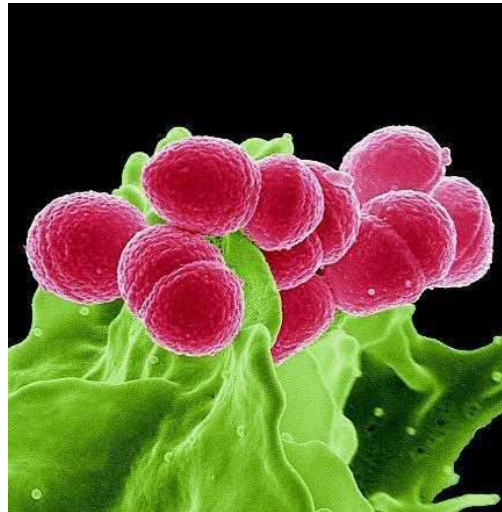
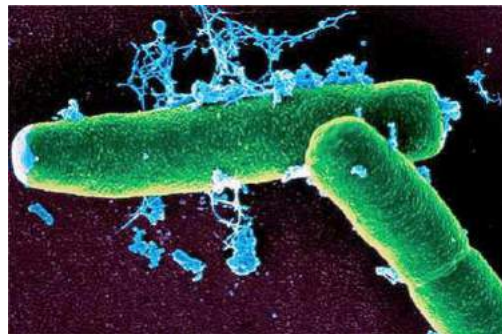
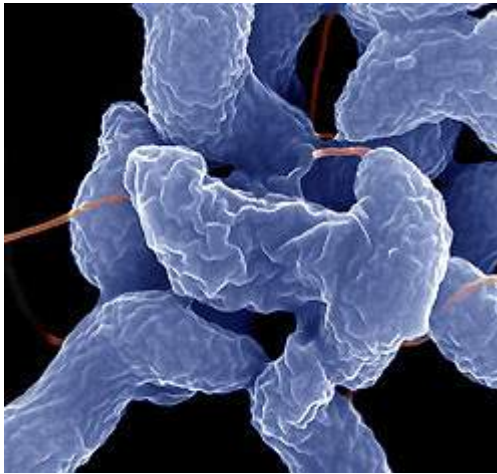
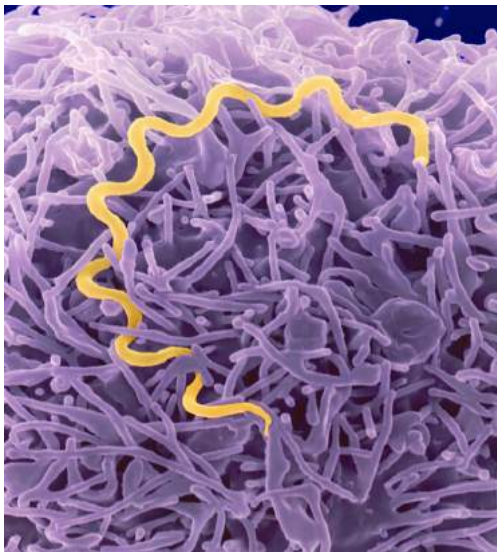
Gambar 2.2
Jasad renik Sulfolobus dari kelompok Archaea ditemukan hidup di mata air panas. (microbiology.org.uk)

140 °C. Bakteri dan archaea ditemukan di semua perairan, baik tawar maupun asin; di permukaan dan di dalam tanah, di udara, di dalam tumbuhan dan hewan tingkat tinggi (termasuk manusia), bahkan di tempat-tempat ekstrem sekalipun.

Organisme yang masuk kelompok Prokariota diperkirakan berjumlah 5 x 10^{30} (5 juta triliun triliun) jenis. Dalam hal biomassa, diperkirakan kedua kelompok ini merupakan separuh biomassa dari semua makhluk hidup yang ada di bumi.

1. Bakteri

Bakteri adalah sekelompok jasad renik bersel satu. Sebagian besar jenis dari kelompok bakteri tidak memiliki klorofil dan tidak pula berfotosintesis. Organisme ini berbiak dengan membelah diri. Berdasarkan bentuk morfologinya, bakteri dapat dibagi menjadi tiga golongan besar, yaitu berbentuk bulat lonjong (*spherical*, disebut juga *Cocci*), berbentuk membulat (*rod*, disebut juga *Bacilli*), dan berbentuk spiral (*Spirilla*). Peneliti lain menambahkan dua bentuk lain, yaitu *koma* atau *vibrios,* serta bentuk spiral serupa pembuka gabus tutup botol dan biasa disebut *Spirichaeta*. *Vibrios* dan *Spirichaeta* merupakan variasi dari *Spirilla*.

Cocci atau kokus adalah bakteri yang berbentuk seperti bola kecil. Ia dapat tampil dalam bentuk tunggal, berpasangan, berempat, bergandengan seperti tali, atau berkelompok tak beraturan. Bakteri yang masuk dalam golongan ini di antaranya marga *Streptococcus*, *Staphylococcus*, dan lainnya. Jenis *Streptococcus pneumonia* dikenal sebagai penyebab penyakit pneumonia, sedangkan *Streptococcus pyogenes* (Gambar 2.3) adalah penyebab radang tenggorokan dan demam re-

Gambar 2.3
Streptococcus pyogenes. (mizozo.com)

Gambar 2.4
Bacillus antrachis. (bacteriapictures. net).

Gambar 2.5
Campylobacter jejuni. (topnews. net.nz)

Gambar 2.6
Treponema pallidum. (projectpathos.blogspot.com)

matik. Jenis-jenis *Streptococcus* yang tidak menyebabkan penyakit banyak digunakan dalam produksi makanan olahan seperti yoghurt, mentega, dan keju

Bacilli atau basilus berbentuk tongkat pendek atau tabung, silindris. Bentuk demikian ini mewakili sebagian besar jenis bakteri. Sebagaimana pada *cocci*, *bacilli* juga ditemukan hidup tunggal, berpasangan, berkelompok, atau membuat rangkaian panjang. Di antara contohnya adalah *Escherichia coli*, *Bacillus antrachis* (Gambar 2.4), jenis-jenis bakteri penambat nitrogen Rhizobium, dan banyak lagi. Salah satu variannya berbentuk tanda baca koma dan diberi nama *vibrios*, seperti *Vibrio cholerae*, penyebab penyakit kolera.

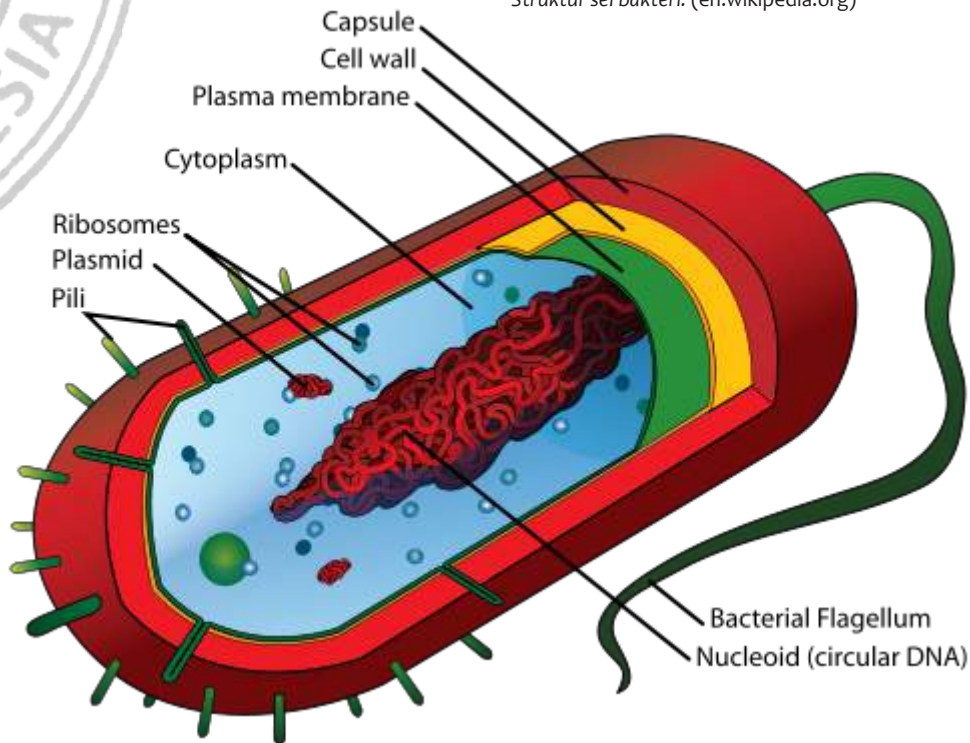
Spirilla adalah bakteri berbentuk spiral dengan dinding sel yang kaku, dan bergerak dengan flagella. Beberapa marga masuk dalam grup ini, seperti *Spirillum minor* yang menyebabkan demam dan *Campylobacter jejuni* (Gambar 2.5) yang menyebabkan infeksi pada usus yang disertai diare.

Spirochaete adalah bakteri yang juga berbentuk spiral, seperti pembuka gabus penutup botol, langsing, memiliki dinding sel yang fleksibel, dan dapat bergerak bebas. Pembagiannya didasarkan bentuk dan patogenitasnya. Sebagian hidup di perairan dan lainnya berperan sebagai parasit pada hewan berdarah panas dan arthropoda (antara lain caplak dan kutu). Contohnya adalah *Borrelia burgdorferi* yang menyebabkan penyakit Lyme, *Treponema pallidum* (Gambar 2.6) penyebab penyakit sipilis, dan *Leptopspira interrogans* penyebab penyakit leptospirosis.

Struktur sel bakteri sangat sederhana dibandingkan organisme lain (Gambar 2.7). Selnya tidak memiliki inti sel dan organ sel lainnya. Bagian intinya digantikan oleh satu rangkaian DNA yang berisi informasi genetika. Beberapa jenis di antaranya memiliki potongan rangkaian DNA yang dinamakan plasmid. Di dalam plasmid terdapat bermacam gen yang membuat satu jenis bakteri lebih unggul dan jenis bakteri mempunyai gen dalam plasmidnya yang membuatnya tahan terhadap antibiotik tertentu. Plasmid ini dapat dipertukarkan di antara bakteri melalui konjugasi (peleburan) di antara dinding sel dua atau lebih individu bakteri. Dinding sel juga berfungsi membuat bakteri memiliki bentuk dan melindungi isi sel.

Hampir seluruh jenis bakteri tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, namun sedikit di antaranya dapat dilihat dengan mata telanjang, seperti *Thiomargarita namibiensis* (Gambar 2.8).

Bakteri dapat ditemukan di hampir semua bagian bumi, termasuk di tubuh manusia. Jumlah bakteri yang hidup pada organ tubuh manusia diperkirakan berjumlah 10 kali lebih banyak daripada seluruh sel yang membentuk tubuhnya. Organ pada tubuh manusia

Gambar 2.7
Struktur sel bakteri. (en.wikipedia.org)

Gambar 2.8
Bakteri Thiomargarita namibiensis.
(bbruner.org & pmbio.icbm.de)

Gambar 2.9
Dua di antara sekian banyak cara perbanyakan bakteri, yaitu dengan membelah diri dan tunas. (visualphotos.com; sciencephoto.com)

yang paling banyak dihuni bakteri adalah saluran pencernaan.

Beberapa jenis bakteri hidup di tanah atau serasah dan memiliki peran yang penting dalam perputaran hara di alam. Jenis lainnya berperan dalam pembusukan makanan dan hasil pertanian. Jenis berikutnya perperan besar dalam produksi makanan awetan hasil olahan seperti yoghurt dan sejenisnya. Hanya sedikit bakteri yang berperan sebagai parasit atau patogen dan dapat menyebabkan penyakit pada hewan dan tumbuhan.

Bakteri memperbanyak diri dengan beberapa cara. Dua cara yang lazim ditemui adalah membelah diri dan membuat tonjolan-tonjolan berupa tunas di dinding selnya (Gambar 2.9). Bakteri tidak mengenal perbanyakan secara seksual.

Proses pembelahan dimulai dengan menggandakan DNA di dalam sel. Sel kemudian berbentuk memanjang

dan membelah diri menjadi dua sel. Masing-masing bentuk sel akan melepaskan diri dan menjadi dua individu baru. Setiap sel baru merupakan kloning dari sel induknya. Artinya, sel yang baru betul-betul sama dengan sel induknya. Demikian pula yang terjadi pada replikasi dengan membuat tunas.

Pembanyakan sel pada bakteri hanya membutuhkan waktu yang sangat singkat. Pada bakteri *Escherichia coli*, setiap selnya akan membelah diri setiap 20 menit. Itu berarti bahwa dalam waktu 7 jam saja, satu sel *E. coli* akan membelah diri menjadi lebih dari 2 juta sel (2.097.152 sel). Setelah satu jam kemudian, kelompok ini akan berjumlah hampir 17 juta (16.777.216 sel). Tidaklah mengherankan apabila seseorang akan cepat menderita sakit apabila satu sel patogen masuk dan berkembang dengan bebas di dalam tubuhnya.

Beberapa jenis bakteri diketahui mampu membentuk spora yang tahan terhadap kondisi ekstrem lingkungan, seperti terpapar panas atau radiasi matahari yang tinggi, mengalami masa kekeringan berkepanjangan, atau terkena semprotan desinfiktan. Salah satu di antaranya adalah bakteri *Bacillus anthracis*, jasad renik penyebab penyakit anthrax pada hewan ternak. Meski demikian, pembentukan spora ini bukanlah cara reproduksi yang normal. Pembentukan spora dalam reproduksi dilakukan hanya pada kondisi ekstrem.

Banyak jenis bakteri membuat kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan tidak nyaman. Jenis-jenisnya dapat menjadi penyebab berbagai macam penyakit infeksi. Namun begitu, ada di antaranya yang dapat membuat manusia dan makhluk hidup lainnya nyaman. Berkaitan dengan keperluan manusia, bakteri dapat digunakan untuk membuat makanan olahan, menghasilkan vitamin, vaksin, bahkan obat. Ada juga satu kelompok yang menyiapkan kondisi dan menjadikan kehidupan di bumi ini dapat terjadi, yaitu kelompok Cyanobacteria.

Kelompok bakteri Cyanobacteria, atau dikenal juga dengan nama *blue-green algae, blue green bacteria*, atau *Cyanophyta*, adalah sekelompok bakteri yang memperoleh energi dengan berfotosintesis. Kemampuannya berfotosintesis mengubah penampilan bumi dari tidak layak huni menjadi layak huni. Bentuk kehidupan berkembang sehingga sampai pada paras biodiversitas saat ini. Secara teoretis, perkembangan organ yang membantu proses fotosintesis pada tanaman saat ini berkembang dimulai dari bakteri Cyanobacteria yang memiliki kemampuan melakukan *endosymbiosis* (bersimbiosis dalam tubuh organisme lain).

Cyanobacteria adalah kelompok jasad renik yang paling sukses di bumi. Organisme ini memiliki keanekaragaman genetika yang sangat tinggi; ditemukan hidup dalam spektrum habitat yang sangat luas; tersebar luas di semua ekosistem perairan tawar, lautan, dan daratan; mampu beradaptasi terhadap lingkungan ekstrem seperti sumber air panas, perairan berkadar garam tinggi, dan sejenisnya; serta mampu berfotosintesis. Dengan kemampuannya berfotosintesis, bumi yang semula tidak layak huni berubah secara perlahan dan memungkinkan terjadinya evolusi metabolisme secara aerobik. Fotosintesis pada tatanan organisme yang lebih tinggi, seperti tumbuhan, baik di darat, atmosfer, maupun lautan, menjadi dimungkin-kan.

Gambar 2.10
Nostoc: koloni trichoma yang berada di dalam kapsul yang berisi mucopolysaccharida. (cfb.unh.edu; microscopy-uk.org.uk; siamnostoc.com)

Cyanobacteria memberi kontribusi signifikan terhadap siklus oksigen dalam tatanan global. Bakteri *Prochlorococcus*, misalnya, diketahui berkontribusi sekitar setengah dari produksi oksigen yang dihasilkan fitoplankton di laut. Secara kasar, diperkirakan bahwa seluruh jenis bakteri Cyanobacteria berkontribusi sekitar 20–30% dari produktivitas fotosintesis dunia.

Kelompok lain dari Cyanobacteria adalah *Nostoc* (Gambar 2.10). *Nostoc* membuat koloni dalam bentukan bola yang berisi lendir. *Nostoc* ditemukan hidup di tanah, batu yang lembap, atau di dasar danau atau sungai kecil, dan juga ditemukan di laut, meski sangat jarang. Ia dapat ditemukan hidup ber-

simbiosis di dalam tumbuhan, dan menyediakan nitrogen yang diperlukan tumbuhan. Koloni *Nostoc* yang hidup di tanah sulit dilihat. Mereka akan lebih mudah dilihat setelah terjadi hujan dan mereka menyerap air. *Nostoc* semula dipercaya datang dari langit bersama hujan.

Nostoc biasa dikonsumsi masyarakat di Asia dan Amerika Latin karena memiliki kandungan protein dan vitamin C. Belakangan ini, penelitian biokimia memperlihatkan bahwa kebiasaan makan *fat choi* (*Nostoc flagelliforme*) tidak terlalu baik bagi kesehatan. Selain karena tidak memiliki kandungan nutrisi, di dalamnya justru terdapat kandungan asam amino yang beracun (*Betamethylamino L-alanine*–BMAA). Asam amino ini dapat mempengaruhi fungsi saraf. Konsumsi *fat choi* juga diketahui cenderung memicu penyakit Alzheimer, Parkinson, dan dementia.

Cyanobacteria sejak lama telah berperan menjadi produsen primer bagi siklus rantai makanan di lautan maupun global sejak munculnya jasad renik. Pada masa Mezosoic (265–65 juta tahun yang lalu), barulah ganggang hijau (*green algae*) mulai bergabung menjadi produsen primer pada rantai makanan.

Beberapa jenis Cyanobacteria diketahui mampu mengikat nitrogen bebas di udara. Untuk keperluan itu ia bekerja sama dengan beberapa jenis tumbuhan, jamur (dalam bentuk lumut), dan karang serta organisme laut lainnya. Keadaan demikian ini dimanfaatkan dalam pertanian tanaman pangan. Pemupukan tanaman padi dilakukan dengan menyebarkan paku air *Azolla* yang bersimbiosis dengan bakteri *Anabaena* (Gambar 2.11) yang mengikat nitrogen dari udara. Beberapa jenis Cyanobacteria telah dimanfaatkan sebagai makanan, seperti jenis-jenis *Aphanizomenon flosaquae* dan *Arthro-*

Gambar 2.11
Cyanobacteria marga Anabaena azollae dan tumbuhan paku air Azolla. (grubial.blogspot.com; maivietbio.com.vn)

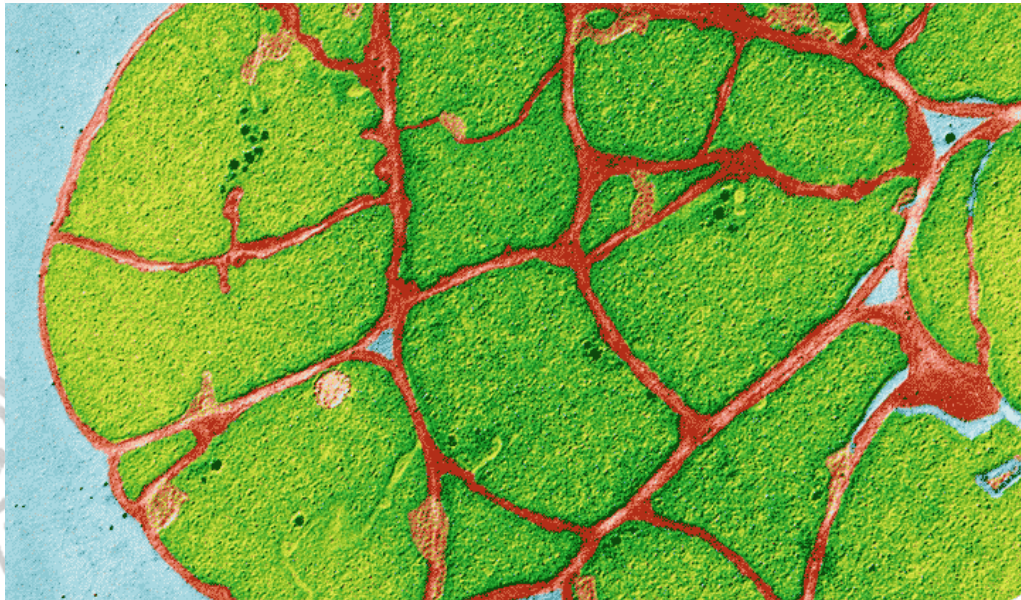
spira platensis (Spirulina). Penelitian juga sedang digiatkan untuk menggunakan Cyanobacteria dalam upaya penyediaan energi listrik hijau yang bersih serta menghasilkan bahan bakar berbasis jasad renik.

Beberapa jenis Cyanobacteria memproduksi sekelompok racun yang disebut cyanotoxin. Di antaranya racun nodularin R yang dihasilkan jenis *Nodularia*. Di lautan, ledakan racun ini dapat terjadi saat terjadi ledakan populasi kelompok Cyanobacteria, kejadian yang biasa disebut *algal bloom*. Banyak organisme laut lainnya yang terpengaruh oleh ledakan racun demikian ini.

2. Archaea

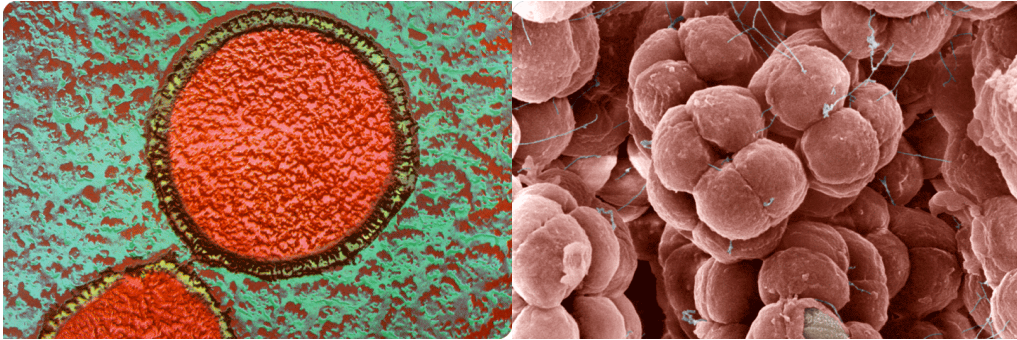
Archaea mungkin merupakan keluarga dari organisme hidup pertama yang menghuni bumi. Organisme primitif ini cenderung ditemukan hidup di lingkungan yang ekstrem, seperti perairan berkadar garam tinggi, lingkungan yang sangat asam atau beracun, dan tempat yang bersuhu tinggi—lingkungan ekstrem yang ditemukan pada awal masa pembentukan bumi beberapa miliar tahun lalu.

Kelompok archaea, seperti halnya bakteri, juga merupakan organisme bersel satu. Jenis-jenisnya tidak memiliki inti sel ataupun beberapa organ lain di dalam selnya. Pada masa lalu, kelompok archaea disatukan ke dalam kelompok bakteri dengan nama Archaebacteria. Baru pada 1990, seorang ahli mikrobiologi bernama Carl Woese mengusulkan pemisahannya dari kelompok bakteri. Archaea berbeda dari bakteri dari susunan gen dan kandungan biokimianya, dan lebih mirip dengan kelompok besar Eukariota. Letak perbedaan keduanya di antaranya adalah dalam hal bahan pembentuk dinding sel. Pada bakteri, dinding sel terbentuk oleh bahan *phosphoglycerid* dengan ikatan *esther*, sedangkan pada archaea oleh lemak *esther*. Belakangan baru diketahui bahwa sejarah evolusi archaea berbeda dari bakteri. Sampai saat ini, klasifikasi untuk kelompok archaea masih sangat sulit.

Archaea dan bakteri memiliki bentuk dan ukuran yang mirip, walau beberapa jenis archaea memiliki bentuk yang berbeda sama sekali, seperti pipih atau bahkan persegi. Archaea memanfaatkan nutrisi dari bahan dasar yang lebih beragam daripada bakteri, dari bahan organik (seperti gula), amoniak, ion-ion besi, hingga gas hidrogen. Jenis-jenis yang memiliki toleransi terhadap kadar garam yang tinggi memanfaatkan langsung sinar matahari sebagai sumber energi. Jenis lainnya dapat mengikat karbon langsung dari lingkungan. Archaea ber-

Gambar 2.12
Methanosarcina rumen, isi selnya berwarna hijau, dan dinding selnya berwarna kemerahan. (microbiology.org.uk)

kembang biak dengan membelah diri atau membentuk tunas. Tidak dikenal bentukan spora sebagai alat berkembang biak bagi archaea.

Dewasa ini, kelompok archaea sering disebut sebagai jasad renik *extremophile*. Dinding sel yang dimilikinya memang berbeda dari struktur bakteri, dan dianggap sebagai yang paling stabil dalam menghadapi kondisi ekstrem. Namun demikian, organisme ini juga hidup di kawasan yang normal, seperti tanah, laut, rawa, bahkan saluran pencernaan manusia. Kelompok archaea yang hidup sebagai plankton diperkirakan merupakan kelompok makhluk hidup yang cukup banyak. Saat ini diketahui bahwa kelompok archaea yang diwakili oleh jenis-jenis *Crenarchaeota* merupakan makhluk yang mendominasi ekosistem di kawasan laut berkedalaman lebih dari 150 meter. Jenis marga *Sulfolobus* (Gambar 2.2) ditemukan hidup di sumber mata air panas. *Sulfolobus* hidup nyaman di lingkungan yang sangat panas, berkadar asam tinggi, serta kaya sulfur—suatu kondisi yang sangat ekstrem dan mematikan bagi kebanyakan jasad renik.

Methanosarcina rumen (Gambar 2.12) adalah jenis archaea yang ditemukan hidup di dalam rumen. Rumen adalah bagian pencernaan yang hanya dimiliki oleh hewan memamah biak (ruminansia), seperti sapi, kerbau, dan rusa. Jenis archaea yang satu ini hidup secara anaerobik, yaitu tinggal di ka-

Gambar 2.13
Staphylothermus marinus hidup di sekitar hydrothermal di dasar kedalaman samudra; dan Halococcus salifodinae yang hidup di perairan bersalinitas tinggi. (microbiology.org.uk)

wasan tanpa kehadiran oksigen. Organisme penghasil gas metana ini hidup dari mencerna bahan organik yang membusuk di dalam rumen.

Staphylothermus marinus adalah jasad renik archaea lain yang termasuk dalam kelompok *extremophile* dan ditemukan hidup di sekitar ventilasi hidrotermal, di sekitar kawah gunung berapi di laut dalam. Makanannya didapat dari sulfur yang dihasilkan oleh lahar. Organisme ini dapat hidup dengan baik sampai dengan suhu air lebih dari 90 °C. Jenis lainnya adalah *Halococcus salifodinae* (Gambar 2.13) yang ditemukan hidup di kawasan perairan yang memiliki kadar garam sangat tinggi.

Banyak di antara archaea yang hidup saling menguntungkan dengan makhluk lain (bersimbiosis). Misalnya jenis-jenis archaea yang hidup di dalam saluran pencernaan manusia dan hewan ruminansia. Saat ini, jenis-jenis archaea banyak digunakan dalam aktivitas manusia, sebagai jasad renik pembuat biogas, pengomposan sampah, pembuatan enzim, dan sejenisnya. Kelompok archaea juga diduga sangat berperan dalam siklus nitrogen dan siklus karbon.

Memang belum diketahui secara pasti, namun sampai saat ini belum ditemukan jenis-jenis archaea yang berperan sebagai parasit atau pembawa penyakit.

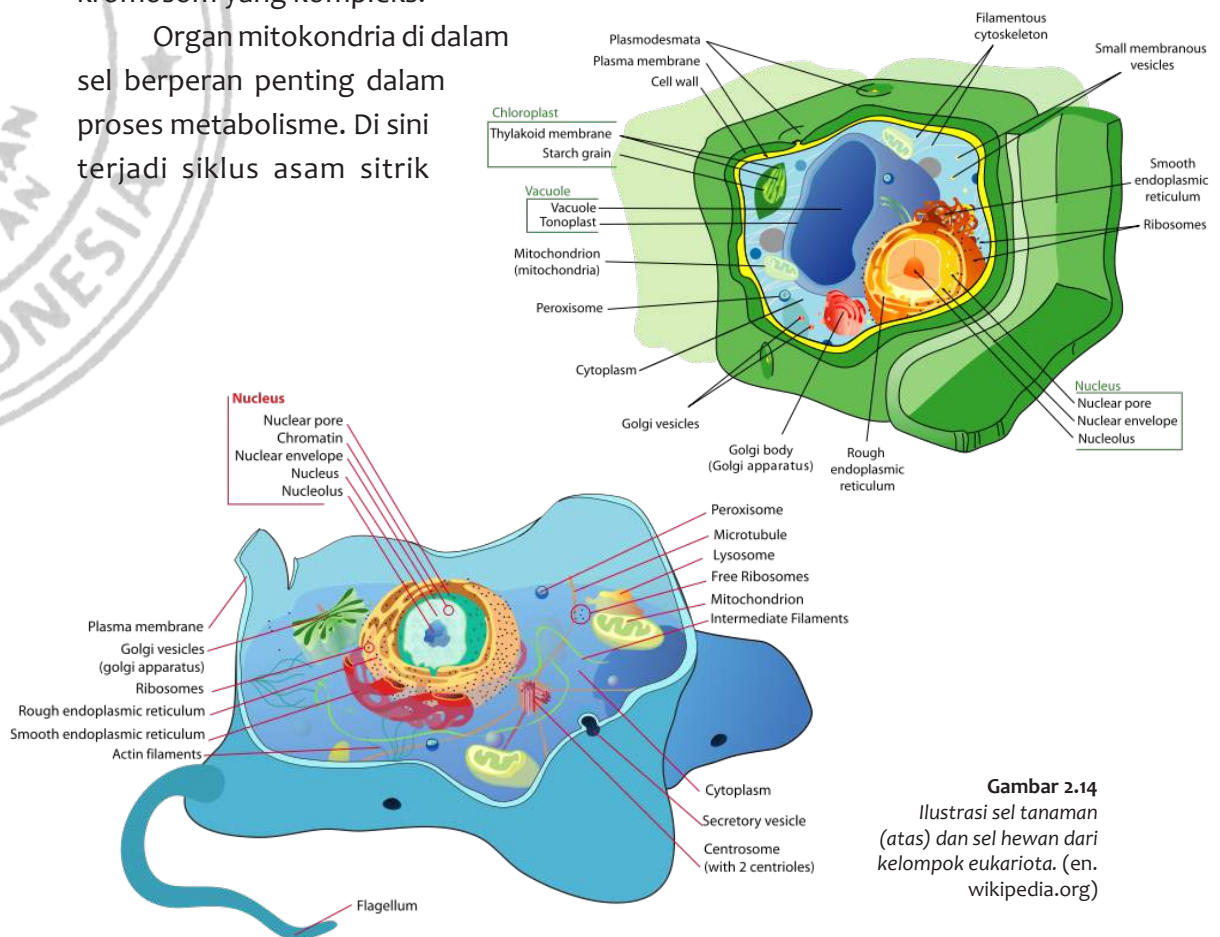
B. EUKARIOTA

Kebanyakan makhluk hidup yang dapat dilihat dengan mata telanjang pada bentuk dewasanya dikelompokkan ke dalam Eukariota, termasuk di dalamnya manusia. Alasan utamanya adalah karena kelompok ini terbentuk oleh banyak sel. Meski begitu, banyak di antara Eukariota, walaupun terdiri atas banyak sel, yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, dan karenanya dimasukkan ke dalam jasad renik.

Berbeda dari Prokariota, kelompok Eukariota memiliki sel yang sempurna. Maksudnya, sel memiliki organ-organ di dalamnya yang disebut *organelles* (organ-organ kecil), seperti inti sel, *Golgi apparatus*, mitokondria, dan organ lainnya (Gambar 2.14).

Inti sel adalah organ yang ditempati oleh rangkaian DNA yang disebut sebagai genome dari sel. Umumnya, setiap sel memiliki satu inti sel, namun beberapa eukariota mikroskopis dapat memiliki beberapa inti sel. DNA di dalam inti sel dirangkai dalam bentuk kromosom yang kompleks.

Organ mitokondria di dalam sel berperan penting dalam proses metabolisme. Di sini terjadi siklus asam sitrik (*citric acid cycle*) dan proses *oxidative phosphorylation*. Organ ini merupakan evolusi dari organ yang terdapat pada bakteri yang mampu melakukan simbiosis.

Berbeda dari jenis lainnya, pada sel tumbuhan terdapat organ tambahan berupa kloroplas yang berperan dalam proses fotosintesis dan menghasilkan energi dari sinar matahari. Kloroplas ini diwariskan dari bakteri simbiosis.

Gambar 2.14
Ilustrasi sel tanaman (atas) dan sel hewan dari kelompok eukariota. (en.wikipedia.org)

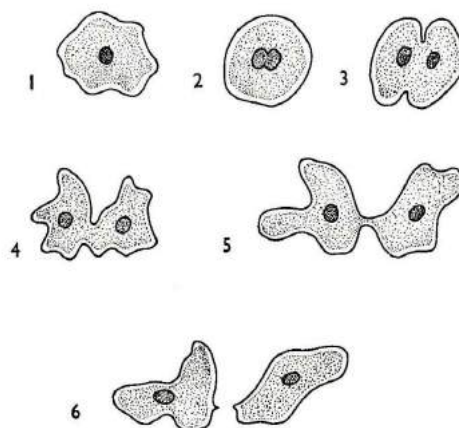
Banyak peneliti mengusulkan berbagai klasifikasi atas kelompok Eukariota ini. Sampai dengan tahun 2012, masih masuk banyak usulan klasifikasi yang baru. Untuk menyederhanakan, diambillah pendapat bahwa Eukariota terbagi atas jamur, hewan, tumbuhan, dan protista.

1. Protista

Protista adalah kumpulan dari berbagai organisme (di luar yang sudah dapat diklasifikasi, seperti bakteri, archaea, dll) yang kebanyakan tidak dapat dilihat oleh mata telanjang dan hanya terdiri dari satu sel. Protista terdiri atas banyak organisme yang sampai saat ini sangat sulit diklasifikasi menjadi satu. Beberapa jenis organisme yang semula termasuk alga (tumbuhan renik) dimasukkan ke dalam protista, tidak ke dalam tumbuhan.

Mulanya protozoa dimasukkan ke kelompok hewan, namun setelah melalui perdebatan panjang, protozoa disetujui masuk jasad renik karena organisme ini bersel satu dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Sel pada protozoa kebanyakan memiliki satu inti, namun beberapa di antaranya memiliki dua macam inti (*macronucleus* dan satu atau beberapa *micronuclei*). Beberapa organ lain, seperti *contractile vacuoles* yang digunakan untuk membuang air dari dalam sel, atau *food vacuoles* yang berkaitan dengan cara makan, seringkali terlihat dalam beberapa jenis.

Protozoa mampu bergerak bebas, suatu ciri yang dapat ditemui di sebagian besar jenis protozoa. Pada umumnya, organisme ini tidak memiliki kemampuan untuk melakukan fotosintesis, kecuali marga *Euglena*. Marga *Euglena* dimasukkan ke dalam kelompok alga karena mampu melakukan fotosintesis, dan sekaligus protozoa karena merupakan jasad renik yang dapat bergerak bebas.

Perkembangbiakan atau replikasi protozoa umumnya dilakukan dengan cara pembelahan sel (*fission*), sebagaimana dicontohkan pada amoeba. Reproduksi dimulai dengan pembelahan inti sel, dilanjutkan dengan pembelahan sel (Gambar 2.15). Akan

Gambar 2.15
Pembelahan sel (fission) pada amoeba. (resources.com)

tetapi, diciri pula bahwa beberapa jenis protozoa melakukan reproduksi dengan cara kawin, yakni dengan cara *conjugation*. Dua individu sel saling menyatu. Pada saat itulah terjadi peleburan dinding sel, dan pertukaran gen di antara dua individu.

Protozoa umumnya hidup di lingkungan aerobik (memiliki oksigen bebas), namun beberapa jenis ditemukan hidup secara anaerobik (tidak memerlukan oksigen bebas), sebagaimana protozoa yang hidup di dalam usus manusia atau rumen sapi.

Protozoa pada dasarnya hidup di kawasan yang lembap. Organisme ini ditemukan hidup bebas di perairan tawar maupun asin. Di daratan, protozoa banyak ditemukan hidup pada bahan organik yang membusuk. Beberapa jenis protozoa hidup sebagai parasit pada tumbuhan dan hewan. Keberadaannya di laut merupakan bagian dari zooplankton, suatu kelompok yang menjadi dasar bagi terjadinya rantai makanan.

Gambar 2.16
Proses Phagocytosis. (cliffsnotes. com)

Protozoa memiliki bentuk dan ukuran yang beragam. Pada jenis-jenis yang kecil, ukurannya serupa sel jamur renik. Protozoa yang berukuran besar bahkan dapat dilihat langsung oleh mata telanjang. Bentuknya dimulai dari Amoeba yang dapat berubah bentuk karena dinding selnya sangat lunak (terbuat dari membran yang fleksibel), hingga *Paramecium* yang memiliki bentuk dinding sel yang lebih solid dan struktur tubuh yang kompleks.

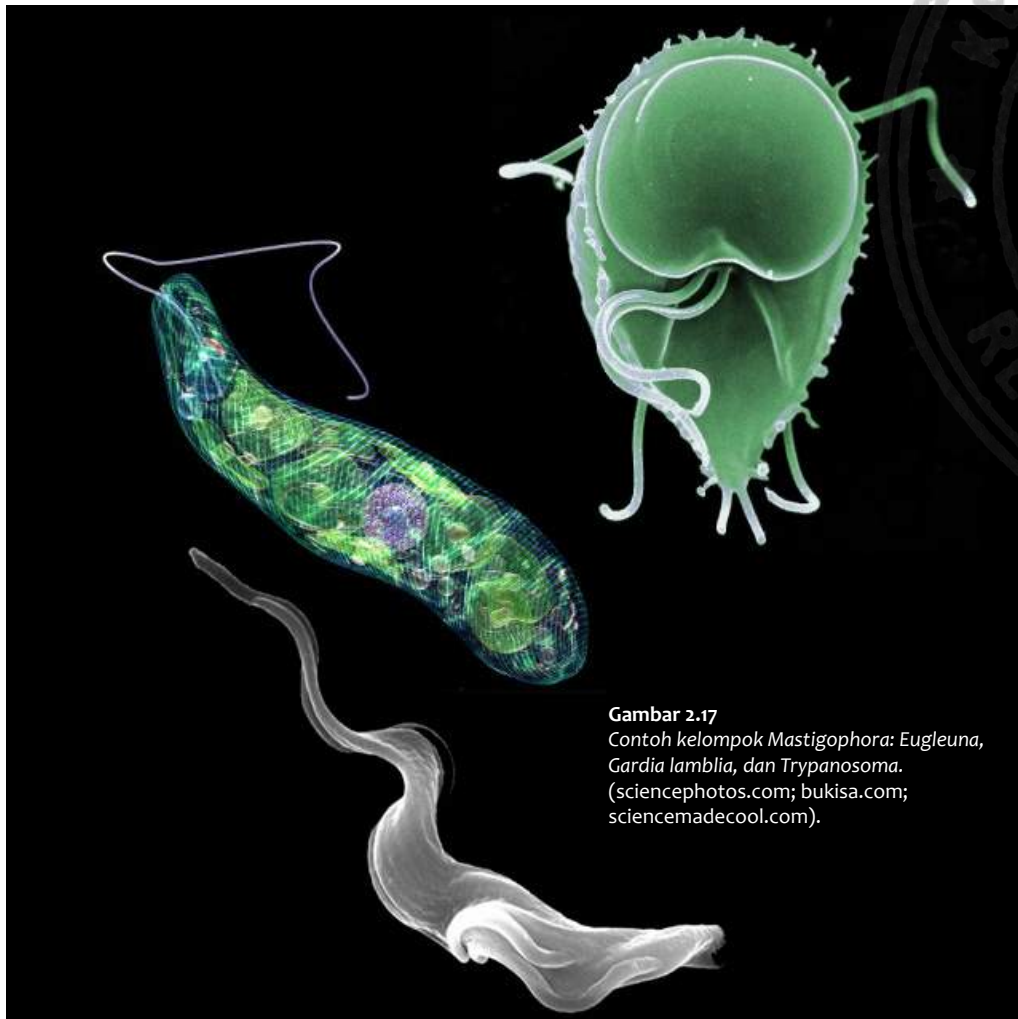
Beberapa jenis protozoa memiliki dua sisi kehidupan, yaitu hidup bebas di suatu saat, dan di saat lain berada pada masa istirahat dalam bentuk kista (*Cyst*). Kista di sini sama fungsinya seperti spora pada bakteri, yaitu untuk menghindari kondisi lingkungan yang tidak normal. Jenis-jenis protozoa parasit pada umumnya masuk ke tubuh inangnya dalam bentuk kista.

Cara makan protozoa cukup beragam, salah satunya dengan cara membentuk "lengan" berisi cytoplasma (cairan di dalam sel), yang diberi nama pseudopodia (lengan palsu). Pseudopodia ini digunakan untuk "menelan dan membuang sisa" makanan-

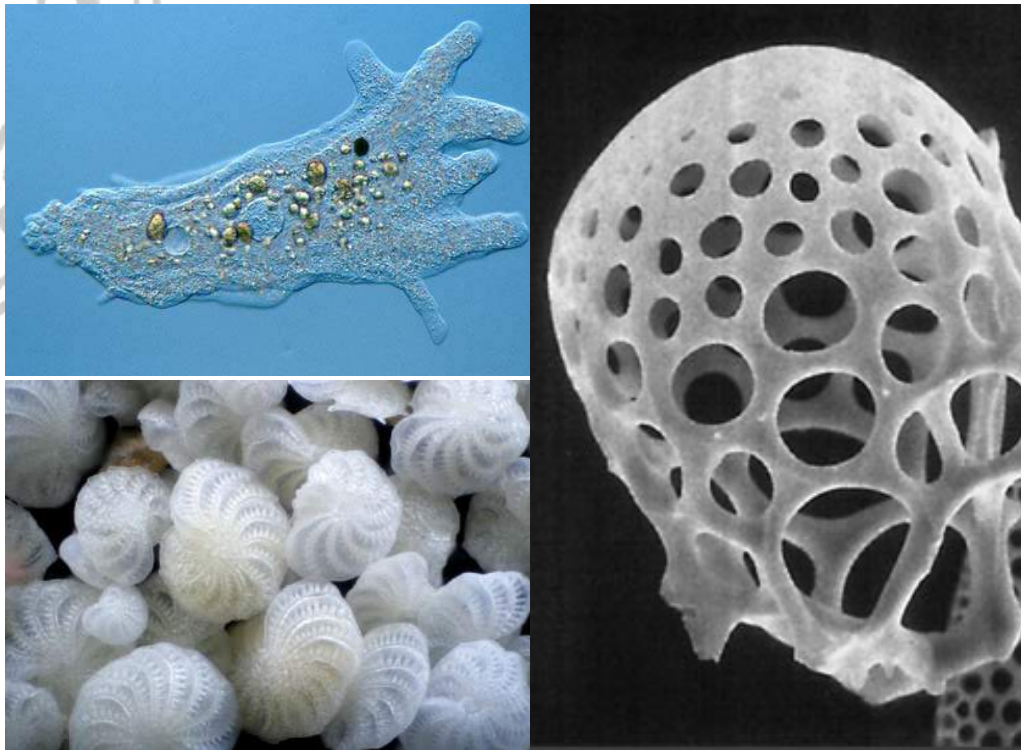
nya. Cara makan seperti ini disebut *Phagocytosis* (Gambar 2.16). Material makanan dimasukkan ke dalam *food vacuole*, di mana enzim Lysosomal akan mencernanya. Hasil pencernaan didistribusi ke seluruh bagian sel.

Banyak jenis protozoa bergerak dengan satu atau ketiga organ yang ada, yaitu flagella (semacam bentukan cambuk), silia (semacam bulu halus di permukaan sel) dan *pseudopodia.*

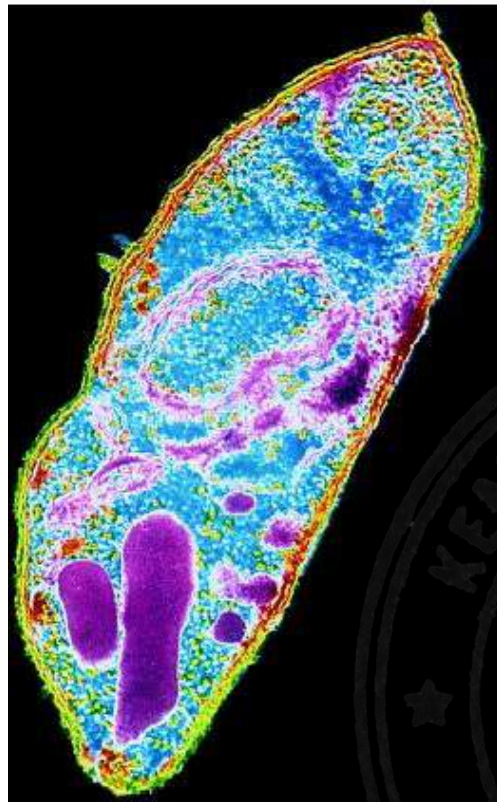
Protozoa terbagi dalam empat kelompok besar, yaitu:

a. Mastigophora (Gambar 2.17); adalah kelompok protozoa yang punya satu flagella atau lebih . Contoh klasik kelompok ini adalah *Euglena*. Beberapa jenis dari kelompok ini dapat menyebabkan beberapa penyakit pada manusia, seperti *Giardia lamblia* (sakit perut) atau *Trypanosoma brucei* (sakit tidur).

Gambar 2.17
Contoh kelompok Mastigophora: Eugleuna, Gardia lamblia, dan Trypanosoma.
(sciencephotos.com; bukisa.com; sciencemadecool.com).

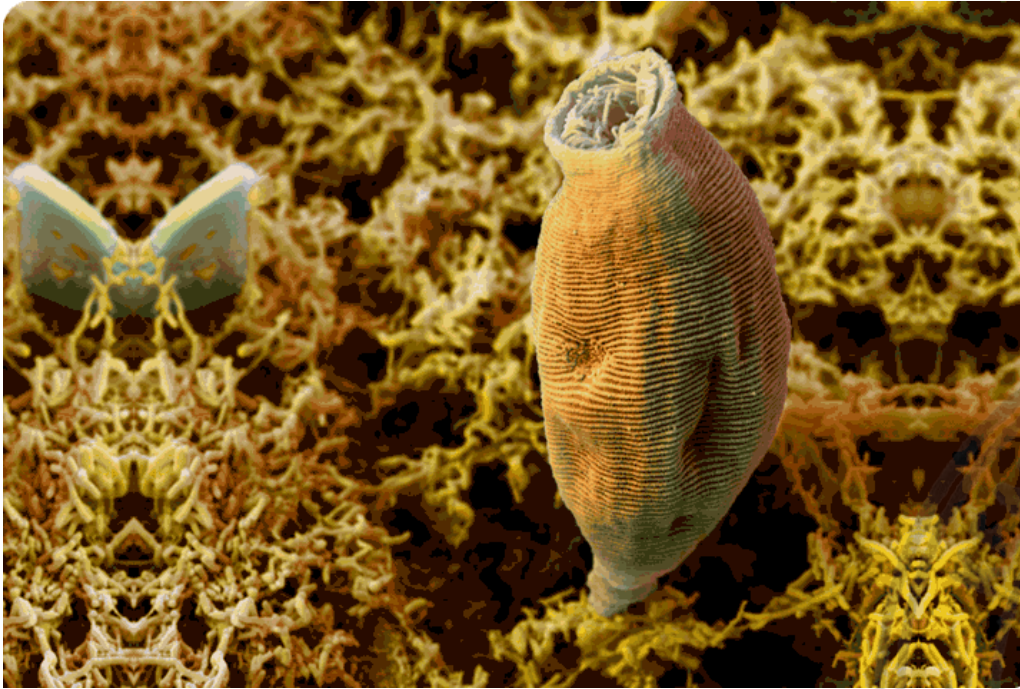
b. Sarcodina; terdiri atas jenis-jenis amoeba, di antaranya *Amoeba proteus*. Jenis *Amoeba hystolitica* diduga menjadi penyebab penyakit disentri. Jenis lainnya adalah dari kelompok radiolaria dan foraminifera. Sarcodina bergerak dengan pseudopodia, meski mungkin saja flagella baru muncul pada masa reproduksi. Gambar 2.18 memperlihatkan contoh kelompok Sarcodina berupa *Amoeba proteus*, *Elphidium crispum* (Foraminifera) dan radiolaria. Foraminifera adalah kelompok yang umum ditemukan dalam komunitas plankton. Jenisnya mempunyai cangkang yang dapat terdiri atas satu atau beberapa rongga. Cangkang terbuat dari bahan kapur ($CaCO_3$), partikel, atau serpihan pembentuk dasar laut yang disatukan oleh semacam lem. Sebanyak 275.000 jenis telah dikenali, baik yang berupa fosil maupun yang masih hidup saat ini.

c. Aplicomplexa; adalah kelompok protozoa yang membentuk spora dalam salah satu tahap siklus hidupnya. Dengan alasan ini, kelompok ini juga dikenal dengan nama

Gambar 2.18
Contoh kelompok Sarcodina: Amoeba proteus, Elphidium crispum, dan cangkang radiolaria.
(microscopy-uk.org.uk; nhm.ac.uk; viewsfromscience.com)

Sporozoa. Jenis yang ada dalam kelompok ini semuanya hidup sebagai parasit. *Plasmodium falcifarum* (Gambar 2.19) yang menyebabkan penyakit malaria masuk dalam kelompok ini. Patogen penting lainnya adalah *Pneumocystis carinii* yang menyebabkan pneumonia yang bersifat lethal pada penderita AIDS. Hampir separuh kematian pasien AIDS disebabkan oleh organisme ini.

d. Ciliophora; adalah kelompok protozoa yang bergerak dengan cilia. Kedua inti sel (macro dan micro-

Gambar 2.19
Plasmodium falcifarum dan sporanya.
(apotik.medicastore.com; jlbbio.files. wordpress.com)

nucleus) seringkali muncul dalam kelompok ini. *Paramecium* dan *Tetrahymena* adalah grup utama pembentuk Ciliophora (Gambar 2.20). Di samping bereproduksi dengan menggunakan cara *fission*, maka cara *conjugation* juga banyak dipakai pada reproduksi dengan cara kawin. Cara ini memungkinkan terjadinya pertukaran material genetika, sehingga terjadi karakter genetik baru. Kulit sel *Paramecium* juga punya senyawa kimia yang dapat merusak sel protozoa lain (*kappa factor*) dan mampu memproduksi racun sengat trichocyst. *Vorticella ciliate* (Gambar 2.21) yang memiliki cangkang berbentuk lonceng terbalik, menempelkan diri pada suatu objek keras di dasar perairan. Di sekitar mulutnya terdapat cilia, semacam rambut halus yang terus bergerak dan menimbulkan arus air, yang digunakan untuk menga-

Gambar 2.20
Paramecium dan Tetrahymena thermophyla. (microbiologyonline.org.uk; nikonsmallworld.com)

rahkan air (dan bahan makanan, di antaranya bakteri) ke mulut.

2. Jamur

Jamur (*fungus*—bahasa Inggris) adalah kelompok organisme yang memiliki jumlah jenis yang sangat banyak, termasuk yang masuk kategori jasad renik dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, seperti ragi (*yeast*) dan jamur lendir (*mould*), sampai dengan yang sangat dikenal, yaitu cendawan (*mushroom*). Jamur dipisahkan dari kelompok tumbuhan dan hewan. Salah satu pembeda besarnya adalah bahwa dinding sel jamur terbuat dari bahan khitin. Berbeda dengan dinding sel tumbuhan yang terbuat dari selulosa.

Gambar 2.21
Vorticella ciliate. (starcentral.mbl. edu; microbiologyonline.org.uk)

Sebagian besar jenis jamur tidak dapat dilihat dengan mata telanjang karena ukurannya yang sangat kecil dan cara hidupnya yang tersembunyi di tanah atau serasah. Jamur renik juga berperan dan bekerja sama dengan organisme lain (simbiosis) dan hidup di dalam organ-organ tumbuhan, hewan, bahkan jamur lainnya. Jamur secara umum berperan dalam proses perombakan bahan organik, dan proses-proses siklus dan pertukaran nutrien, karbon, dan elemen lain di alam.

Banyak jenis jamur yang berperan dalam kesejahteraan manusia, seperti cendawan yang digemari masyarakat sebagai makanan eksklusif. Jamur renik telah banyak digunakan dalam proses fermentasi berbagai produk, seperti minuman, di antaranya anggur dan bir, serta kecap. Belakangan jamur renik sudah digunakan dalam skala industri, seperti dalam memproduksi detergen, pestisida biologi, dan jenis produk lainnya. Dalam dunia kesehatan, jamur renik digunakan sebagai bahan untuk memproduksi antibiotik. Di samping hal-hal yang menguntungkan, banyak juga jamur yang merugikan, seperti jenis-jenis penghasil racun mycotoxin dan jamur yang dikenal dapat merusak bangunan rumah.

Jamur terbagi dalam beberapa kelompok, didasarkan pada kesamaan dalam siklus hidup, kehadiran struktur perbanyakannya, serta tipe dan cara produksi sporanya (reproduksi dan cara distribusi sel). Dari uraian singkat di atas dapat dibayangkan pembagian kelompok pada jamur. Secara garis besar, ada tiga kelompok jamur, yaitu:

a. Jamur renik bersel banyak (multicelullar)

Jamur ini dimasukkan dalam kelompok zygomycetes. Contoh dari kelompok ini adalah jamur *rhizophus* yang tumbuh pada roti yang kedaluwarsa serta buah dan sayur busuk (Gambar 2.22). Jamur ini berbentuk benang-benang halus (*hyphae*) yang bercabang-cabang dan terus tumbuh membentuk kumpulan benang yang disebut *mycelium*. Jamur ini menempel pada objek menggunakan *hypae* yang dinamakan *rhizoid*. Enzim pencernaan diproduksi di ujung benang. Enzim ini digunakan untuk memecah bahan organik yang ada pada serasah di tanah atau objek lain yang terinfeksi. Objek dirombak menjadi molekul yang lebih kecil, dan digunakan sebagai sumber makanan oleh jamur parasit.

Sebagian *hypae* akan bercabang dan tumbuh ke atas. Dari cabang *hypae* yang demikian ini akan terbentuk kantong-kantong spora di bagian ujungnya. Spora memiliki sruktur khusus untuk dapat bertahan terhadap kondisi lingkungan yang keras (suhu ting-

Gambar 2.22
Penampakan mycelium dan jamur Rhizophus yang tumbuh pada tomat busuk.
(microbiologyonline.org.uk; en.wikipedia.org)

gi atau kekeringan) dan tumbuh saat kondisinya mulai membaik. Ukuran spora sangat kecil (kantong seukuran kepala jarum pentul dapat menampung sekitar 500–1000 spora).

Spora pada jamur sama dengan biji untuk berkembang biak pada tanaman tingkat tinggi. Angin, hujan, atau serangga akan menyebarkan spora ke lain tempat. Spora akan sampai pada tempat yang cocok untuk tumbuh dan mengembangkan *mycelium*.

Jamur *Rhizophus* banyak digunakan untuk memproduksi steroid,

bahan pelunak daging, produk kimia industri, dan juga sebagai pewarna.

b. *Jamur berukuran besar bersel banyak*

Jamur ini berkembang dengan menggunakan *mycelium* yang tumbuh di bawah tanah sebagai pengumpul nutrisi. Berbeda dari jamur renik, pada kelompok jamur berukuran besar bersel banyak muncul jaringan yang tumbuh di atas tanah yang tampak oleh mata telanjang, dan disebut sebagai cendawan atau *mushroom*. Beberapa di antaranya mengandung racun (cendawan *Amanita*—Gambar 2.23), atau menyebabkan penyakit, seperti jamur *Cryptococcus neoformans* penyebab penyakit meningitis.

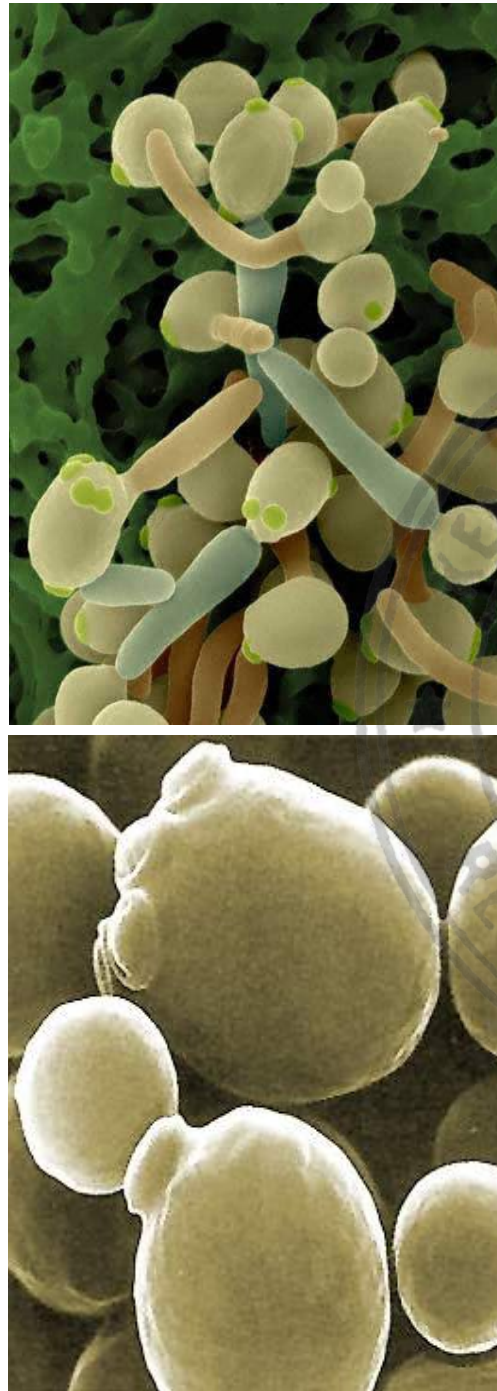
Jaringan di atas tanah ini terdiri atas *mycelium* yang berkelompok dan kompak. Di sini sudah mulai ada pembagian tugas, misal membentuk struktur batang dan tudung jamur. Bentuknya dapat berbeda-beda sesuai jenis jamur. Bagian bawah tudung umumnya terdiri atas bentukan lapisan-lapisan (semacam insang pada ikan—Gambar 2.23) di mana terdapat spora yang siap

Gambar 2.23
Cendawan memperlihatkan bagian bawah tudung, dan cendawan Amanita yang beracun.
(richard-seaman.com; microbiologyonline.org.uk)

dilepas. Luasan sekitar 10 cm^2 saja dari bagian ini dapat memproduksi sekitar 100 juta spora dalam setiap jam.

c. Ragi bersel satu

Ragi ini masuk dalam kelompok *Ascomycetes*. Sel tunggal ragi yang berbentuk seperti jeruk lemon ini ukurannya hampir sama dengan sel darah merah. Ia berkembang dengan cara seksual (membentuk tunas yang pada saatnya memisah dari sel induk) maupun aseksual (membentuk spora), tergantung pada kondisi lingkungannya. Ragi seperti *Saccharomyces cerevisiae* berperan penting dalam proses pembuatan roti dan fermentasi minuman beralkohol. Dijumpai pula jenis ragi yang merugikan, seperti *Candida albicans* (Gambar 2.24) yang menyerang penderita yang tidak memiliki sistem imunitas yang sehat (a.l. penderita AIDS, pasien kanker). Begitu terinfeksi jamur ini maka harapan hidupnya hanya berkisar 60%.

Beberapa jenis jamur berperan sebagai perombak, seperti jenis-jenis cendawan kayu dan jamur perombak serasah, sedangkan kelompok lainnya berperan sebagai parasit dan menjadi hama pada banyak tumbuhan dan tanaman pertanian. Penyakit yang disebabkan oleh jamur renik ini dapat menyebabkan kerugian besar bagi petani tanaman pangan.

Gambar 2.24
Jamur renik Candida albicans dan Saccharomyces cerevisiae. (candidaconquered. wordpress.com; flickr. com)

Cendawan dan hewan juga tidak terlepas dari kemungkinan terinfeksi oleh jamur parasit. Pada Gambar 2.25 dan Gambar 2.26 terlihat bagaimana hewan dan juga kelompok jamur sendiri (dalam hal ini cendawan) diinfeksi oleh jamur renik.

3. Tumbuhan

Tumbuhan juga memiliki kelompok reniknya sendiri, yaitu alga. Alga adalah kelompok tumbuhan yang hidup di perairan (laut dan air tawar) yang memiliki morfologi sederhana, berkisar dari jenis-jenis bersel satu (*uni-*

Gambar 2.25
Jamur renik Cordyceps bassiana menginfeksi laba-laba, dan Cordyceps sp. menginfeksi seekor lalat. (malformalady.tumblr.com; bbc.co.uk)

Gambar 2.26
Cendawan yang diinfeksi oleh jenis jamur renik parasit. (creepycrawliebabygirl.tumblr)

cellular) hingga yang bersel banyak (*multicellular*), seperti *giant kelps* yang tumbuh sampai sepanjang 65 meter.

Alga bersel tunggal umumnya hidup di perairan sebagai bagian dari komunitas plankton. Fitoplankton adalah suatu populasi tumbuhan renik yang mengapung bebas di badan air atau menempel di dasar perairan atau substrat lain, seperti batu dan batang roboh. Beberapa jenis alga ditemukan hidup di luar perairan, sepanjang kelembapannya cukup tinggi. Alga ditemukan hidup bersama dengan jamur renik dalam bentuk lumut. Beberapa jenis alga bahkan ditemukan melekat di tempat yang tidak wajar, seperti pada bulu beruang kutub.

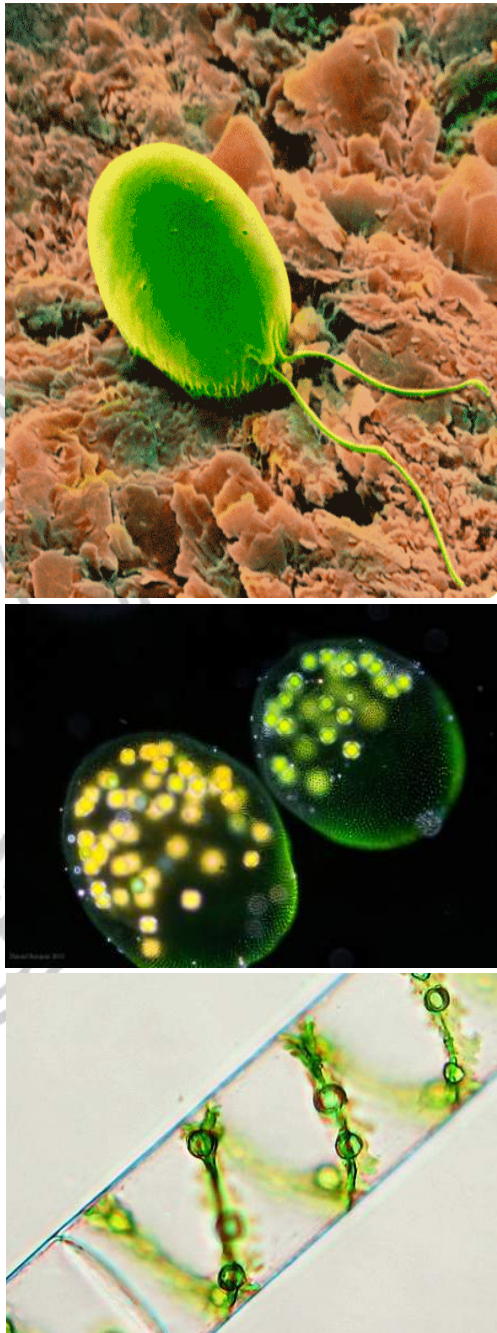
Semua kelompok alga mengandung pigmen klorofil dan beberapa macam pigmen lainnya. Dengan kehadiran klorofil, alga mampu melakukan proses fotosintesis untuk memenuhi kebutuhan makanannya. Klorofil yang terkumpul dalam kloroplas menyebabkan alga berwarna hijau. Meski demikian, ada juga alga yang berwarna kecoklatan, kuning, atau kemerahan. Hal ini disebabkan oleh, selain kehadiran klorofil, adanya pigmen lain yang memunculkan warna lain dan menutupi warna hijau klorofil.

Sebagian besar alga termasuk organisme yang *photoautotrophic*, yang berfotosintesis dengan bantuan sinar matahari. Bagian kecil lainnya termasuk organisme *chemoheterotrophic*, memperoleh nutrisi melalui reaksi kimia dari bahan organik yang tersedia. Hanya sebagian kecil di antaranya yang hidup sebagai parasit.

Reproduksi alga dilakukan secara seksual maupun aseksual. Pada reproduksi aseksual, alga memperbanyak diri dengan memecah koloni menjadi dua kelompok, memecah sel menjadi dua bagian identik (seperti pada bakteri), atau membentuk spora (seperti pada jamur). Pada reproduksi secara kawin, alga membentuk sel dengan dua jenis kelamin berbeda, yang akan menyatu dan membentuk zigot, yang berkembang dan menjadi individu baru.

Beberapa ahli membagi alga ke dalam tujuh kelompok. Lima di antaranya masuk ke dalam protista, sedangkan dua sisanya masuk dalam kelompok tumbuhan. Lima di antaranya dikategorikan jasad renik karena ukurannya yang renik. Kelima kelompok besar tersebut adalah:

a. *Chlorophyta*

Kelompok alga yang masuk kelompok ini memiliki pigmen klorofil dan karoten. Contohnya adalah *Chlamydomonas*. Pada proses perkembangannya, *Chlamydomonas* akan membentuk spora yang disebut zoospore,

Gambar 2.27
Contoh kelompok Chlorophyta: Chlamydomonas yang hidup soliter, serta koloni Volvox dan Spyrogyra. (microbiologyonline.com; microworldsphotography.com; kosmos.de)

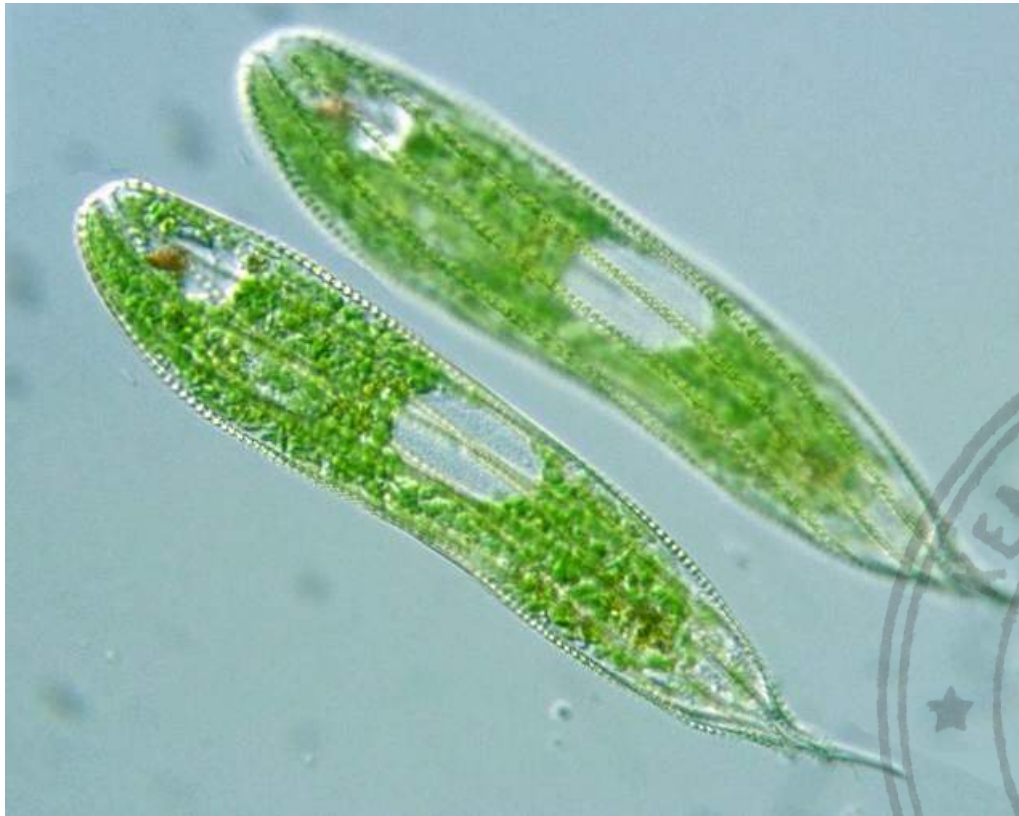
yang mempunyai flagella. Organisme dengan sistem reproduksi semacam ini dipercaya menjadi moyang bagi banyak jenis yang ada saat ini. Contoh lain adalah *Volvox* dan *Spirogyra* (Gambar 2.27).

b. Euglenophyta

Masuk dalam kelompok ini adalah jenis *Euglena spirogyra* (Gambar 2.28). Organisme ini memiliki pigmen klorofil dan karoten untuk keperluan proses fotosintesis, dan juga memiliki flagella untuk bergerak bebas. *Eugleuna* memiliki banyak karakter yang dimiliki baik oleh tumbuhan maupun hewan. Organisme ini dipercaya sebagai dasar dari evolusi makhluk hidup.

Selnya memiliki inti yang besar dan beberapa *nucleolus.* Terdapat organ *contractile vacuoles* untuk mengeluarkan air dari tubuhnya. Kelompok ini bereproduksi dengan pemecahan sel.

c. Chrysophyta

Kelompok ini mewadahi organisme yang dikenal dengan nama *brown algae* dan *yellow-green algae*. Organisme ini memiliki pigmen untuk fotosintesis, ditambah dengan pigmen fucoxanthin yang memunculkan warna coklat keemasan. Perwakilan dari kelompok ini yang sangat dikenal adalah diatom (Gambar 2.29). Diatom dikenal

Gambar 2.28
Euglena spirogyra dari kelompok Euglenophyta. (protist.i.hosei. ac.jp)

Gambar 2.29
Beberapa bentuk cangkang diatom.
(daviddarling.info; nikonsmallworld.com; harunyahya.com; deepbluehome.blogspot.com; temple-of-flora.com)

sebagai organisme produsen primer dari banyak rantai makanan di lautan, serta kontributor bagi oksigen yang ada di atmosfer.

Diatom adalah sejenis alga yang hidup bebas mengapung di laut. Dinding selnya terbuat dari material keras bernama silica. Ketika diatom mati, cangkangnya yang keras ini akan bertumpuk di dasar laut. Bentuk cangkang diatom bermacam-macam (Gambar 2.29). Dengan waktu dan tekanan yang tinggi, kumpulan cangkang diatom ini menyatu dengan lapisan dari kerak bumi. Lapisan ini ditambang dan banyak digunakan dalam industri, antara lain sebagai bahan pasta gigi.

Gambar 2.30
Contoh Dinoflagelata: Noctiluca scintillans dan Gymnodinium catenatum. (microscopy-uk.org.uk; soer.justice.tas.gov.au)

d. Pyrrophyta

Dari kelompok ini dikenal organisme dinoflagelata (Gambar 2.30) yang memiliki sel seperti amoeba yang berflagella, serta alat pelindung berupa lempengan selulosa di sekeliling tubuhnya. Pigmen yang dikandungnya memungkinkan organisme ini berfotosintesis.

Sebagaimana diatom, dinoflagelata menjadi bagian besar pembentuk komunitas plankton di laut. Organisme ini kadangkala memiliki warna kuning atau coklat di tubuhnya. Beberapa jenis di antaranya memilki *luminescent* sehingga bercahaya di kala gelap. Jenis lainnya mempunyai warna merah, sehingga begitu populasinya meledak, laut akan berwarna merah. Peristiwa ini dikenal dengan istilah *Red Tides* (Gambar 2.31).

e. Charophyta

Charophyta adalah kelompok alga hijau yang berkerabat dekat dengan tumbuhan tingkat tinggi. Pada beberapa grup, sel yang berflagela sudah tidak muncul. Grup ini sudah mampu melakukan reproduksi dengan cara seksual, dan pergerakannya sudah tidak menggunakan flagella. Sel berflagella muncul dalam bentuk

Gambar 2.31
Pemandangan Red Tides yang disebabkan oleh Algal Bloom dinoflagellata jenis Lingulodinium polyadrum.
(cdph.ca.gov; flickr.com; pixdaus.com)

Gambar 2.32
Tiga contoh kelompok Charophyta: Chlorokybus; Cosmarium; dan Charales. Charales sudah berkembang melalui seksual. Tampak organ jantan dan betinanya.
(atmophyticus-botany.natur.cuni.cz; microscopy-uk.org.uk; tolweb.org)

sperma, dan hanya ditemukan pada *Charales* dan *Coleochaetales*. *Charales* adalah grup yang sudah mirip dengan tumbuhan tingkat tinggi (Gambar 2.32).

4. Hewan

Kebanyakan hewan adalah organisme bersel banyak dan dapat dilihat langsung dengan mata telanjang. Meski bersel banyak, beberapa jenis di antaranya berukuran sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Banyak jenis Arthropoda renik, seperti tungau debu atau tungau laba-laba, berukuran sangat kecil. Hewan renik lain ditemukan di perairan tawar dan laut, seperti jenis-jenis rotifer, kelompok udang renik, dan cacing pipih. Beberapa di antaranya menjadi bagian dari komunitas zooplankton.

Hewan-hewan renik ini berkembang biak dengan cara seksual dan aseksual. Dalam mempertahankan hidupnya, mereka mempunyai cara tersendiri. Telur dari beberapa jenis udang renik, misalnya, diletakkan di dalam cangkang yang kuat untuk dapat bertahan dalam kondisi ekstrem. Beberapa jenis lainnya memiliki struktur tubuh yang lebih sederhana. Rotifer dan cacing pipih nematoda, misalnya, dapat "mengering" dan hidup normal untuk beberapa lama sampai kondisi membaik kembali. Jenis-jenis arthropoda renik diwakili oleh beberapa jernis tungau, seperti:

a. Tungau debu (house dust mites)

Kelompok ini banyak hidup di sekitar manusia, di daerah yang "menyimpan" debu. Organisme ini hidup dengan baik pada selimut, karpet, dan tempat-tempat lain yang berdebu. Pertumbuhan populasi tungau debu akan berhenti, dan mati, apabila lingkungan cukup kering (kelembapan 60% atau kurang).

Gambar 2.33
Dua jenis tungau debu rumah, Dematopgagoides farina dan Dermatophagoides pteronyssinus. (agiesha.blogas.lt; en.wikipedia.org)

Jenis-jenis umum, seperti *Dermtophagoides farina*, *Dermatophagoides pteronyssinus* (Gambar 2.33), dan *Euro-*

glyphus maynei, merupakan penyebab alergi dan rhinitis. Kulit dan kotoran tungau merupakan material penyebabnya. Tungau debu memperoleh nutrisi dari kulit mati manusia.

b. Tungau laba-laba (spider mite)

Tungau renik (berukuran kurang dari 1 mm) ini hidup pada bagian bawah daun. Makanannya diperoleh dari cairan yang dihisapnya dari daun. Jenisnya cukup banyak dengan warna yang beragam. Imbuhan "laba-laba" di belakang namanya disematkan karena untuk melindungi koloninya, organisme ini membuat jaring pelindung.

Jenis yang umum diketahui adalah *Tetranychus urticae* (Gambar 2.34). Jenis ini tersebar luas dan dikenal merusak banyak jenis tumbuhan, seperti tomat, lada, kentang, kacang-kacangan, jagung, dan lainnya. Jenis lain yang juga dikenal menjadi hama tanaman pertanian adalah *Panonychus ulmi* (Gambar 2.34) dan *P. citri*.

Kelompok udang renik merupakan bagian terbesar, baik dalam jumlah jenis maupun jumlah individu, dari jasad renik asal hewan. Kelompok besarnya dapat dilihat pada uraian berikut.

Gambar 2.34
Dua jenis tungau laba-laba, Tetranychus urticae dan Panonychus ulmi. (en.wikipedia.org; telegraph.co.uk)

c. Udang renik Cladocera

Cladocera ialah kelompok udang renik yang secara umum dikenal dengan nama kutu air. Sekitar 620 jenis kutu air telah dikenali. Ukurannya berkisar antara 0,2–6 mm. Sebagian besar *Cladocera* hidup di perairan air tawar. Salah satu yang terbanyak jumlahnya adalah marga *Daphnia*, yang meliputi sekitar 150 jenis. Hanya delapan jenis dari kelompok Cladocera yang hidup di laut. Di antaranya jenis *Evadne spinifera* (Gambar 2.35), satu dari sedikit kelompok Cladocera yang hidup di laut.

Gambar 2.35
Dua jenis udang renik Cladocera, Daphnia magna yang hidup di air tawar, dan Evadne spinifera hidup di air laut.
(en.wikipedia.org; biologia.ufrj.br)

Gambar 2.36
Bentuk umum Ostracoda, dan marga yang berukuran paling besar (s.d. 30 mm), Gigantocypris.
(en.wikipedia.org; biology.duke.edu)

d. Udang renik Ostracoda

Organisme renik yang hidup di perairan ini diperkirakan meliputi lebih dari 65.000 jenis, dan umumnya mempunyai ukuran 0,2 mm sampai 1 mm. Ada beberapa di antaranya yang mencapai ukuran besar, seperti *Gigantocypris* (Gambar 2.36) yang berukuran sampai dengan 30 mm. Tubuhnya pipih dan dilindungi oleh cangkang yang bentuknya mirip cangkang kerang. Cangkang itu terbuat dari khitin atau kapur. Jenisnya ada yang sudah dapat hidup di darat, di tanah lembap, di lantai hutan hujan tropis, seperti jenis-jenis *Mesocypris*. Makanan dan dietnya bervariasi, dari kelompok yang masuk sebagai pemangsa, pemakan tumbuhan, pemakan bangkai, hingga dengan pemakan plankton.

Gambar 2.37
Beberapa jenis udang renik kelompok Copepoda: (A) Macrocyclops albidus; (B) Eudiaptomus gracilis; dan (C) Mesocyclops edax. (en. wikipedia.org; flickr.com; microworldsphotography.com)

e. Udang renik Copepoda

Organisme renik ini ditemukan hidup di laut dan di hampir semua habitat air tawar. Beberapa jenisnya adalah planktonis, hidup mengambang di badan air dan mengikuti arus, sebagian lainnya hidup menempel di dasar perairan, dan beberapa hidup di daratan, seperti di bawah daun di dasar hutan hujan tropis. Ukuran copepod sekitar 1–2 mm.

Jenis-jenis copepod marga *Macrocyclopsis* diketahui memangsa jentik nyamuk. *Macrocyclops albidus* terbukti sangat efisien (sampai dengan 90% penurunan) dalam kontrol populasi nyamuk. Akan tetapi, di samping menguntungkan, jenis ini juga dapat berperan sebagai inang antara cacing *Schistocephalus solidus* yang bisa menginfeksi manusia. Gambar 2.37 memperlihatkan penampakan beberapa jenis udang renik kelompok Copepoda.

Kelompok *Cnidaria* atau Coelenterata beranggotakan lebih dari 10.000 jenis. Semuanya hidup di perairan, dan sebagian besar hidup di laut. Salah satu marga yang banyak dipelajari adalah *Hydra* (Gambar 2.38) yang hidup di perairan tawar (sungai, kolam, danau)

Gambar 2.38
Kelompok Cnidaria marga Hydra dan saat memangsa Daphnia (notes-from-dreamworlds.blogspot.com; webclass.angelo.edu)

yang berair jernih dan tidak terkena polusi, baik di kawasan empat musim maupun tropis. Organisme ini hidup menetap, walau dapat melepaskan diri dan mengikuti aliran arus. *Hydra* adalah hewan pemangsa. Tubuhnya yang bulat panjang dapat mencapai ukuran 10 mm. Di bagian ujung tubuh terdapat tentakel yang di ujungnya terdapat organ penghasil bisa atau racun.

Rotifera adalah kelompok hewan renik yang hidup di perairan tawar dan sedikit di kawasan air asin dan payau. Ukurannya sekitar 0,1–0,5 mm, meski ada juga yang berukuran hingga 2 mm. Beberapa jenis rotifer adalah anggota dari komunitas plankton di laut, sedangkan lainnya tinggal dan bergerak terbatas di substrat keras dan dasar perairan, seperti *Fascularia conifer*. Pada jenis rotifer yang menempel, tubuh lunaknya dilindungi oleh tabung dari kapur atau gelatin, seperti *Sinatheria socialis* (Gambar 2.39).

Gambar 2.39
Rotifer jenis Fascularia conifer dan koloni Sinantheria socialis menempel pada daun tumbuhan air.
(rotifer.acnatsci.org; en.wikipedia.org)

C. VIRUS

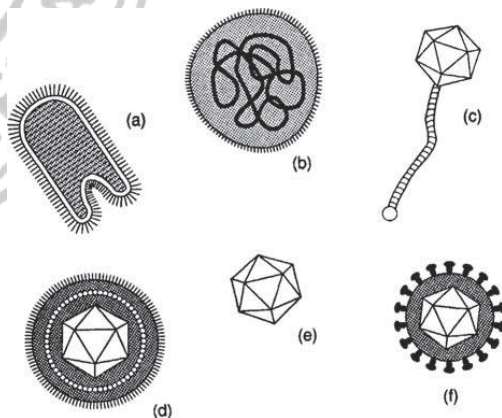
Virus adalah agen penyebab infeksi pada semua bentuk kehidupan. Agen ini sangat khusus karena hanya dapat melakukan replikasi di dalam sel organisme hidup yang ditinggalinya. Organisme yang dijadikan tempat tinggalnya biasa disebut sel inang.

Virus terdiri atas partikel ultramikroskopis (disebut *virion*) yang tidak berdinding sel (*noncellular genetic elements*). Dua partikel pembentuk virus adalah material genetika, disebut *genom*, yang dikelilingi oleh protein yang disebut *capsid*. *Genom* adalah suatu rangkaian molekul yang membawa informasi genetika, dapat berbentuk DNA (*deoxyribonucleic acid*) atau RNA (*ribonucleic acid*). *Capsid* adalah partikel yang berperan dalam melindungi material genetika. Di samping itu, *capsid* memiliki protein yang diciri oleh material genetika sehingga unik untuk virus itu saja. Demikian pula, *capsid* akan mempunyai bentuk sehingga dapat digunakan untuk ciri morfologi dari virus itu. *Genom* dan *capsid* secara bersama-sama dikenal dengan nama *nucleocapsid.* Dalam beberapa kasus, akan terbentuk partikel semacam membran yang membungkus material genetika dan *capsid*, yang disebut *envelope*.

Bentuk virus bervariasi, dari sederhana hingga kompleks. Pada dasarnya, terdapat lima bentuk virus, yaitu:

a. Bentuk *Helical*, suatu bentuk memilin yang mengarah pada bentuk tabung. Contohnya adalah *tobacco mosaic virus* yang menghamai daun tembakau, dan virus rabies.
b. Bentuk *Icosahedral,* kebanyakan dimiliki oleh virus yang menginfeksi hewan. Bentuknya mirip bola atau bersegi banyak.
c. *Prolate,* adalah bentuk segi banyak yang biasa ditemui pada bagian "kepala" dari bacteriophages, virus yang menginfeksi bakteri.
d. Beberapa virus membungkus virionnya dengan semacam amplop yang disebut *envelope*, semacam membran. Membran ini dipenuhi tonjolan-tonjolan yang memiliki ciri genom dari virus dan juga dari sel inangnya. Beberapa virus, seperti virus influenza dan HIV, menggunakan strategi ini. Kebanyakan virus kelompok ini sangat mengandalkan *envelope* dalam usaha melakukan infeksi.
e. Bentuk virus lainnya dimasukkan ke dalam kelompok *complex*. Kelompok ini umumnya mempunyai bentuk *capsid* yang helical atau icosahedral; umumnya memiliki beberapa partikel lain, seperti dinding sel yang kompleks atau bentukan ekor dari protein. Bentukan ekor ini digunakan untuk menempelkan diri pada dinding sel dan

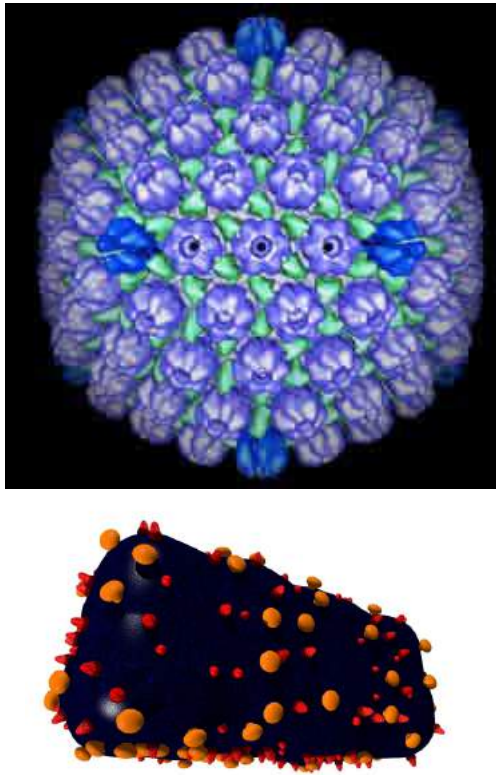
menyuntikan genom ke dalam sel inang. Beberapa virus bacteriophage, seperti *Enterobacteria phage T4* adalah contoh bentuk ini. Bentuk lainnya adalah *pox virus* yang memiliki partikel semacam inti sel dan beberapa bentukan organ sel, dan dinding yang tebal. Virionnya sendiri berbentuk bulat atau segi empat seperti batu bata. *Mimivirus* adalah salah satu virus berukuran besar (bentuk *capsid* sekitar 400 nm) yang memiliki filamen (semacam cambuk) sampai 100 nm pada *capsid* yang berbentuk segi enam.

Diagram beberapa bentuk virus dapat dilihat pada Gambar 2.40.

Gambar 2.40
Beberapa bentuk virus: (a) bentuk virus helical penyebab penyakit gila anjing; (b) virus influenza yang mewakili virus yang memiliki envelope; (c) bacteriophage dengan "kepala" icosahedral dan ekor seperti tabung; (d) bentuk virus herpes simplex yang mempunyai envelope dan dan capsid berbentuk icosahedral; (e) virus polio yang tidak memiliki envelope; dan (f) virus immunodeficiency, penyebab hilangnya sistem imunitas tubuh pada manusia, yang memiliki envelope dan tonjolan-tonjolan protein. (cliffsnotes.com)

Beberapa virus yang menginfeksi jasad renik archae memiliki bentuk yang tidak lazim dan berbeda sama sekali dari bentuk virus lainnya. Beberapa di antaranya menyerupai gulungan benang, tanda baca koma, tetesan air, bahkan botol. Ada juga yang mirip dengan bacteriophage, namun dengan beberapa struktur ekor.

Ukuran virus sangat kecil, sekitar seperseratus ukuran lazim bakteri. Virus terkecil yang diketahui berukuran sekitar 0,02 μm (20 nanometer), sedangkan yang terbesar berukuran sekitar 0,3 μm (300 nanometer). Virus penyebab penyakit cacar termasuk yang berukuran besar, sedangkan virus polio masuk pada kelompok yang berukuran kecil. Begitu kecil ukuran virus sehingga sekitar 500 miliar rhinovirus dapat ditampung di tempat seukuran kepala jarum pentul.

Sebagaimana telah disebutkan di atas, beberapa virus memiliki *envelope*. Bungkus ini memiliki protein khusus sebagai penanda virus yang unik. Di antara virus pembentuk bungkus ini adalah pembawa DNA, seperti virus penyebab penyakit seperti herpes simplex dan cacar (Gambar 2.41).

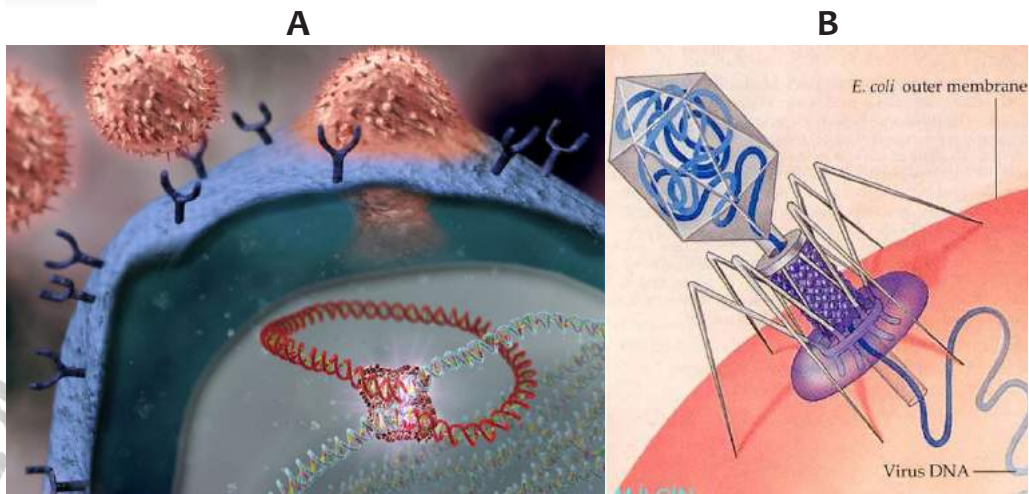
Pembungkus luar virus terdiri atas satu lapisan protein yang ada di antara dua lapisan lemak. Pembungkus cenderung berbentuk bulat dan tidak menggambarkan bentuk nucleocapsid

Gambar 2.41
Penampakan virus Herpes dan virus cacar.
(medicineworld.org; scivit.de)

sementara di cairan antarsel, sebelum menginfeksi sel lainnya.

Gambar 2.42 menjelaskan diagram cara replikasi dari dua tipe virus, yang memiliki bungkus (virus DNA) dan yang tidak memiliki bungkus (virus RNA). Langkah pertama replikasi virus adalah proses penempelan virus pada sel inang. Selanjutnya adalah penetrasi virus keseluruhan atau hanya rangkaian genetika virus (genome) ke bagian dalam sel. Langkah ini dapat dilakukan dengan phagocytosis (Gambar 2.43a) dan "menyuntikan" genom ke dalam cairan sel inang.

Gambar tersebut memperlihatkan retrovirus menempel pada sel inang, kemudian melebur dan masuk yang sebenarnya. Pada pembungus dijumpai tonjolan-tonjolan serupa duri yang mengandung elemen agar dapat menempelkan diri pada sel inang.

Dalam proses perkembangan, satu virus masuk menembus pembungkus sel untuk dapat mensintesis komponen penting agar dapat membentuk partikel-partikel untuk membentuk virus baru. Partikel-partikel kemudian menyatu dan membentuk stuktur yang identik dengan virus lama. Virus baru ini akan menjadi virion, menembus dinding dan keluar dari sel, serta hidup

Gambar 2.42
Representasi umum dalam replikasi dua tipe virus: (1) virus DNA—dalam envelope; dan (2) virus RNA—tanpa envelope. (cliffsnotes.com)

Gambar 2.43
Mekanisme virus menginfeksi sel. (A) Retrovirus masuk ke dalam sel dengan cara "melebur" (e-nox.net); dan (B) bacteriophage melakukan penetrasi dengan cara "penyuntikan" genom. (inbiotechnology.blogspot.com)

ke dalam sel. Menyatunya virus dengan peleburan ini sebenarnya dalam rangka mekanisme sel mempertahankan diri. Sel, dalam mekanisme mempertahankan diri, akan membungkus virus pada lapisan dindingnya. Dengan demikian, virus akan berada di dalam sel secara "alami". Virus akan keluar dari pembungkus dan masuk ke dalam sel, serta hidup di dalam sel.

Cara kedua (Gambar 2.43b) memperlihatkan diagram penetrasi virus bacteriophage ke bagian dalam sel bakteri. Bagian ekornya akan menyatu dan membuat lubang dengan menggunakan enzim pada dinding sel inang. Selanjutnya, rangkaian DNA virus akan masuk melalui lubang ke dalam sel inang.

Sesudah terbentuk virus baru dalam bentuk virion, langkah selanjutnya adalah mengirim virion keluar dari sel inang. Ada beberapa cara yang terjadi sehingga virion keluar dari sel, di antaranya:

a. Sel inang tidak dapat menahan "kelelahan biokimia" sebagai akibat replikasi virus di dalam tubuhnya, lalu sel akan pecah. Dengan cara ini virion keluar dari sel inang.
b. Dalam virus yang memiliki bungkus, virion akan memaksa mendorong dinding sel inang. Dalam prosesnya, muncullah semacam tunas. Pada saatnya, dinding sel inang pada bagian tunas akan rusak dan pecah. Dengan demikian, virion akan keluar dari sel inang.

Pada kedua cara ini, sel akan mati dengan segera. Namun ada juga virus yang tidak dengan segera membuat sel

inang mati. Ada beberapa virus yang hidup selama beberapa lama di dalam cairan sel inang, dan tidak langsung melakukan replikasi. Contohnya pada pasien HIV; virus penyebab hilangnya sistem imunitas tubuh akan masuk dan berada pada sel getah bening untuk jangka waktu lama. Selama itu, pasien tidak memperlihatkan gejala penyakit AIDS, sampai saatnya tiba. []

BAB III
PERIKEHIDUPAN DAN LINGKUNGAN HIDUP JASAD RENIK

Jumlah jenis jasad renik yang hidup di bumi diperkirakan mencapai setidaknya jutaan jenis. Dengan jumlah ini, tidaklah mengherankan bila jasad renik dapat ditemukan di semua tipe habitat di bumi, termasuk tipe-tipe habitat yang terbentuk di dalam tubuh manusia, hewan, dan tumbuhan.

Pada dasarnya, peran jasad renik sangat penting dalam membentuk dan memelihara semua perikehidupan di seluruh bagian biosfer (bumi, semua penghuni dan lingkungannya). Kehadirannya meregulasi semua sistem interaksi antara keadaan yang bersifat biologis, geologis, dan proses kimia (*biogeochemicals*) yang terjadi di bumi. Jasad renik dapat memanfaatkan, misalnya, serasah dan hasil buangan organisme lainnya untuk didaur ulang. Proses dekomposisi ini akan menghasilkan unsur-unsur yang dapat dimanfaatkan kembali oleh tumbuhan dan hewan. Di sinilah jasad renik berperan dalam siklus biogeokimia (a.l. siklus nitrogen, fosfor, dan karbon). Misal, unsur nitrogen yang ada di alam; sebanyak 78% di antaranya hadir dalam bentuk yang tidak dapat dimanfaatkan langsung oleh tubuh manusia, hewan, maupun tumbuhan. Kehadiran nitrogen yang demikian ini diubah oleh jasad renik menjadi nitrogen yang dapat dicerna sehingga bisa dimanfaatkan.

Jasad renik diketahui berperan penting di dalam setiap ekosistem. Di antaranya, mereka membentuk dasar bagi berbagai tipe rantai makanan yang

ada, juga menjadi dasar bagi terjadinya proses siklus nutrien dan berbagai komponen lainnya. Contohnya, jasad renik yang hidup di lautan (seperti alga), diketahui merupakan produsen utama oksigen yang ada di atmosfer bumi. Seperti diketahui, oksigen ini diperlukan oleh seluruh makhluk hidup di bumi. Proses yang dilakukannya dinamai fotosintesis (pemanfaatan energi sinar matahari) oleh kloroplas, sekumpulan jasad renik *Cyanobacteria* yang hidup di dalam organ tumbuhan (yang dikenal dengan nama *endosymbiotic cyanobacteria*). Dengan proses kerja sama ini, atmosfer bumi berubah menjadi kaya akan oksigen.

Jasad renik juga berperan dalam jaringan makanan yang tidak tergantung dengan kehadiran sinar matahari. Di daerah yang tidak terjangkau oleh sinar matahari, seperti di dasar lautan yang berkedalaman ribuan meter, energi dibangun oleh jasad renik yang hidup di sekitar kawah gunung api di dasar samudra. Di sini, jasad renik memanfaatkan beberapa unsur di antaranya sulfur untuk secara kimia diubah menjadi karbon dan energi bagi tubuhnya.

Dilihat dari keadaan ini, tampak bahwa tiap jenis jasad renik mampu berevolusi untuk dapat menyesuaikan diri dan hidup dengan baik pada rentang kondisi lingkungan yang sempit. Habitat tempat hidupnya secara umum dapat dibagi ke dalam beberapa bentuk, yaitu:

1. Habitat Terestrial (Daratan)

Tanah merupakan salah satu habitat yang "dipilih" oleh jasad renik menjadi tempat hidupnya. Diperkirakan hanya satu persen saja dari seluruh jenis jasad renik yang hidup di tanah yang telah berhasil diidentifikasi. Semua organisme ini, baik yang sudah maupun belum dikenal manusia, turut berperan dalam membentuk ekosistem tanah yang ada saat ini. Mereka bertanggung jawab terhadap terjadinya transfer nutrien seperti karbon, nitrogen, dan sulfur, ke tanaman dan hewan. Beberapa jenis jasad renik dapat "menangkap" nitrogen yang berupa gas dan mengubahnya sedemikian rupa sehingga dapat digunakan tumbuhan dalam melangsungkan kehidupannya. Tanpa jasad renik, akan banyak tanaman yang tidak mampu tumbuh secara normal.

2. Habitat Perairan

Jasad renik, mulai bakteri, jamur renik, sampai virus, ditemukan dapat hidup di perairan tawar maupun air asin. Tidak hanya perairan permukaan, kantong-kantong air di bawah permukaan tanah juga dihuni oleh mereka. Di dalam habitat ini, sebagaimana ke-

lompoknya yang hidup di daratan, jasad renik juga berperan sebagai pendaur ulang serta dasar bagi jaringan makanan.

3. Habitat di dalam Organisme Lain

Jasad renik juga menghuni organ di tubuh hewan dan tumbuhan, termasuk manusia. Di tubuh manusia diperkirakan hidup jasad renik sebanyak 100 triliun sel. Jumlah ini sekitar 10 kali lebih banyak daripada sel yang membentuk tubuh manusia (10 triliun sel). Mereka hidup di berbagai organ manusia sebagai habitatnya. Tidak ada dua orang yang memiliki komposisi jenis dan jumlah jenis jasad renik yang sama. Dari sini dapat dibayangkan berapa jumlah habitat yang dapat dihuni oleh sekian banyak jenis jasad renik. Di samping manusia, semua hewan dan tumbuhan juga menjadi habitat yang unik dan cocok untuk kehidupan banyak jenis jasad renik.

4. Habitat di Kawasan Ekstrem

Jasad renik juga ditemukan hidup di kawasan yang tidak dapat dihuni oleh makhluk hidup lain, seperti di sumber air panas, di sekitar celah/kawah di dasar samudra, di perairan dengan kadar garam tinggi atau kandungan oksigen rendah, hingga di dalam batu. Kawasan yang ekstrem menurut standar manusia ini dipilih oleh banyak jasad renik menjadi tempat hidupnya. Dengan penemuan kemampuan hidup jasad renik yang luar biasa ini manusia mulai melihat kemungkinan adanya kehidupan jasad renik di luar angkasa sebagai sesuatu yang tidak mustahil.

Jasad renik, yang secara kualitatif maupun kuantitatif sangat potensial, seharusnya dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia. Kalaupun ada di antaranya yang merugikan manusia, seperti menimbulkan penyakit, tentu dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dapat "dikendalikan" dengan berbagai cara. Bioteknologi mungkin menjadi salah satu cara manusia memanfaatkan jasad renik menjadi berdaya guna. Selain itu, bioteknologi juga dapat menimbulkan musibah besar dalam kehidupan manusia bila dikelola dengan salah. Salah satunya adalah dalam mengelola air bersih untuk kehidupan sehari-hari.

Perairan, terutama perairan air tawar, merupakan habitat utama jasad renik patogen yang banyak menimbulkan wabah penyakit dan mematikan jutaan manusia. Gambaran mengenai akibat terjadinya pencemaran air dengan jasad renik patogen untuk kehidupan manusia dapat dilihat pada boks I berikut.

Telah dijelaskan bahwa jasad renik menjadi dasar bagi terjadinya proses siklus nutrien dan berbagai kom-

ponen lainnya. Di antaranya adalah dalam mendaur ulang makhluk hidup yang mati menjadi material anorganik yang dapat diserap, di antaranya oleh tumbuhan. Proses yang dikenal dengan pembusukan ini dilakukan oleh berbagai jenis jasad renik, seperti halnya yang terjadi pada bangkai hewan. Bangkai, dan juga darah, merupakan salah satu material yang tidak boleh dimakan. Hukumnya haram. Uraian mengenai proses hewan mati menjadi bangkai dan mengapa Islam melarang memakan bangkai dan darah dapat dilihat pada boks II di halaman selanjutnya.

BOKS I
PERIHAL AIR BERSIH

Masalah utama terkait sumber daya air adalah kualitasnya untuk keperluan domestik yang makin menurun tiap tahun. Kegiatan industri, domestik, pertanian, dan kegiatan lain berdampak negatif terhadap kualitas air.

Berbagai badan kesehatan telah berulang kali menyatakan bahwa penyakit yang menyerang masyarakat di negara berkembang terutama datang dari jasad renik yang hidup di air. Disebutkan, penyakit yang ditularkan air mencapai 80% di antara seluruh penyakit. Diare, salah satunya, adalah penyebab utama kematian anak-anak di dunia.

Penyakit yang ditularkan melalui air umumnya datang dari jasad renik patogen yang semula hidup di dalam saluran pencernaan makanan, baik manusia maupun hewan. Pembuangan kotoran manusia yang tidak higienis mengakibatkan banyak perairan menjadi sumber penyakit bagi manusia. Keadaan demikian ini telah berjalan berabad-abad, sepanjang sejarah kehidupan manusia. Permasalahan ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan pola hidup masyarakat.

Diperkirakan sekitar 1,1 miliar orang masih belum memperoleh akses air minum yang layak. Sejumlah 2,4 miliar orang di bumi ini juga belum menikmati sanitasi yang layak. Dari data statistik ditemukan bahwa pada saat ini penyakit yang berpangkal pada hubungan yang tidak baik antara "air-sanitasi-higienis", telah menyebabkan kematian 2.213.000 orang setiap tahun.

Islam, melalui Al-Qur’an dan hadis, telah menjelaskan kriteria bersih dan sucinya air dan memerintahkan manusia untuk mensyukurinya, namun sebagian besar manusia telah berbuat sebaliknya. Dua ayat di bawah memberikan kejelasan tentang sikap Islam terhadap air:

وَهُوَ الَّذِيْٓ اَرْسَلَ الرِّيٰحَ بُشْرًاۢ بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهٖۚ وَاَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً طَهُوْرًاۙ ﴿٤٨﴾ لِّنُحْيِ َۧ بِهٖ بَلْدَةً مَّيْتًا وَّنُسْقِيَهٗ مِمَّا خَلَقْنَآ اَنْعَامًا وَّاَنَاسِيَّ كَثِيْرًا ﴿٤٩﴾

Dan Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira sebelum kedatangan rahmat-Nya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang sangat bersih, agar (dengan air itu) Kami menghidupkan negeri yang mati (tandus), dan Kami memberi minum kepada sebagian apa yang telah Kami ciptakan, (berupa) hewan-hewan ternak dan manusia yang banyak. (al-Furqān/25: 48–49)

اَفَرَءَيْتُمُ الْمَاۤءَ الَّذِيْ تَشْرَبُوْنَۗ ﴿٦٨﴾ ءَاَنْتُمْ اَنْزَلْتُمُوْهُ مِنَ الْمُزْنِ اَمْ نَحْنُ الْمُنْزِلُوْنَ ﴿٦٩﴾ لَوْ نَشَاۤءُ جَعَلْنٰهُ اُجَاجًا فَلَوْلَا تَشْكُرُوْنَ ﴿٧٠﴾

Maka terangkanlah kepadaku tentang air yang kamu minum. Kamukah yang menurunkannya atau Kami-kah yang menurunkannya? Kalau Kami kehendaki, niscaya Kami jadikan dia asin, maka mengapakah kamu tidak bersyukur? (al-Wāqi‘ah/56: 68–70)

Bagaimana sikap Islam terhadap air dan apa saja yang telah terjadi dengan pencemaran air oleh jasad renik penyebab penyakit secara rinci dapat disimak pada Lampiran 1.

BOKS II

LARANGAN MAKAN BANGKAI DAN MINUM DARAH

Dalam hal makanan, Islam mengatur jenis makanan yang baik dan buruk dengan cara mengaturnya dalam hukum haram dan halal. Di antaranya mengenai pengaturan makan daging dalam salah satu ayat Al-Qur’an di bawah ini.

اِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنْزِيْرِ وَمَآ اُهِلَّ بِهٖ لِغَيْرِ اللّٰهِ ۚ فَمَنِ اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَّلَا عَادٍ فَلَآ اِثْمَ عَلَيْهِ ۗ اِنَّ اللّٰهَ غَفُوْرٌ رَّحِيْمٌ ﴿١٧٣﴾

Sesungguhnya, Dia hanya mengharamkan atasmu bangkai, darah, daging babi, dan (daging) hewan yang disembelih dengan (menyebut nama) selain Allah. Tetapi, barang siapa terpaksa (memakannya), bukan karena menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sungguh, Allah Maha Pengampun, Maha Penyayang (al-Baqarah/2: 173)

Bangkai adalah hewan mati yang tidak jelas penyebabnya; apakah disebabkan oleh hal-hal yang bersifat alami (karena tua), bersifat fisik (jatuh, dipukul, dan sejenisnya), penyakit (karena penyakit mematikan, seperti anthrax), atau racun (minum dari sumber air yang beracun). Seseorang dianggap akan mengambil risiko terlalu besar apabila mengonsumsi daging bangkai.

Proses pembusukan atau dekomposisi hewan mati dilakukan oleh aktivitas dari banyak makhluk hidup, mulai dari hewan mamalia dan burung pemakan bangkai, serangga (seperti lalat dan kumbang), serta jasad renik. Makhluk pertama yang mengkolonisasi dan berperan besar terhadap proses dekomposisi bangkai adalah serangga, terutama lalat dan kumbang bangkai. Serangga menggunakan bangkai sebagai tempat menaruh telur atau larva agar bertumbuh dengan menggunakan daging bangkai sebagai makanannya, atau menggunakan daging sebagai sumber nutrisi.

Adapun darah, di samping kehadiran jasad renik penyebab infeksi yang menghuni cairan darah, pada dasarnya darah memiliki nilai nutrisi yang rendah. Darah terdiri atas dua komponen, yaitu air (90%) dan plasma darah yang "berenang" di dalamnya. Seseorang harus mengonsumsi begitu banyak darah untuk memperoleh protein dan sedikit mineral besi dari butir darah. Dengan demikian, bukanlah ide baik untuk memperoleh hal yang sedikit itu dengan mempertaruhkan diri terpapar penyakit atau racun yang mungkin saja dibawa oleh cairan darah.

Penjelasan lebih lanjut tentang ekologi bangkai dan uraian tentang darah dapat dilihat pada Lampiran 2.

BAB IV
PERAN JASAD RENIK PADA TUBUH MANUSIA

Jasad renik banyak ditemukan hidup dan berkembang pada tubuh manusia. Organisme ini biasa dikenal dengan nama mikroflora. Penamaan ini sebenarnya tidak cukup tepat karena jasad renik yang ada di tubuh manusia tidak termasuk dalam kelompok tumbuhan (flora). Namun demikian, sampai saat ini nama yang salah ini masih tetap dipakai. Belakangan ada yang mengusulkan nama mikrobiota karena jasad renik tersebut terdiri atas banyak kelompok organisme (termasuk bakteri, protista, hewan, archaea, jamur, dan sebagainya). Hanya saja, nama ini tidak sepenuhnya diadopsi sehingga kebanyakan orang masih menggunakan istilah mikroflora. Karena secara alami jasad renik itu hidup tanpa mengganggu manusia, bahkan banyak yang menguntungkan, nama lain yang digunakan adalah normal flora.

Organisme ini hidup di semua bagian tubuh manusia, mulai dari permukaan dan bawah lapisan kulit, pada air ludah dan bagian mulut, lambung, hingga bagian lain dari organ pencernaan. Mereka juga ditemukan hidup pada jaringan yang ada, seperti pembuluh darah, saluran getah bening, saluran pernapasan, saluran reproduksi, serta organ-organ ginjal, hati, paru-paru, jantung, limpa, ginjal dan lainnya.

Sebagian jenis jasad renik telah diketahui sangat membantu kehidupan dan kesehatan manusia. Sebagian lainnya justru mengganggu kesehatan dan

menyebabkan terjadinya infeksi yang mematikan. Jasad renik yang berbahaya disebut jasad renik patogen. Banyak pula di antara jasad-jasad renik yang belum diketahui peran dan efeknya bagi manusia sebagai inangnya.

Ada jenis-jenis yang dalam keadaan normal tidak merugikan kesehatan seseorang, namun pada kondisi tubuh tertentu akan berubah peran menjadi penyebab penyakit. Perannya di bagian tubuh seseorang yang sehat adalah normal secara fisiologis. Ia tidak mengganggu, bahkan membantu kesehatan manusia, namun dalam kondisi tubuh tertentu (misalnya ketika imunitas turun, terluka, atau asupan higienis yang rendah), jasad renik tersebut justru dapat menimbulkan penyakit. Kelompok jenis yang berperilaku demikian disebut sebagai jasad renik oportunis.

Diperkirakan antara 500 sampai 1.000 jenis jasad renik ditemukan hidup di bagian kulit saja. Sebanyak itu pula diduga hidup di dalam saluran pencernaan. Dari seluruh jasad renik yang menempati semua organ tubuh, sebagian besar di antaranya hidup di kawasan usus besar.

A. PERAN NORMAL FLORA

Istilah normal flora mengacu pada populasi jasad renik yang secara alami ditemukan hidup di tubuh manusia. Kebanyakan jenis normal flora adalah permanen, namun ada pula beberapa yang sifat huniannya sementara.

Berbagai tipe hubungan dikembangkan antara jasad renik yang disebut normal flora dengan manusia sebagai inang. Hubungan kerja sama ini disebut simbiosis. Pada beberapa kasus, hubungan simbiosis bekembang ke arah komensal, yaitu hubungan yang menguntungkan satu pihak, tetapi tidak merugikan pihak lain. Tipe simbiosis mutualistik muncul saat kedua pihak memperoleh keuntungan dari hubungan ini. Adapun simbiosis parasitis, atau biasa disebut dengan parasit saja, berkembang saat satu pihak diuntungkan dengan cara mengambil sumber daya dari organisme partnernya.

Pada manusia sehat, organ bagian dalam, seperti pembuluh darah, otak, otot, dan lainnya, secara normal bebas dari jasad renik. Akan tetapi, tubuh bagian luar, seperti kulit dan lapisan lendir yang berhubungan langsung dengan lingkungan di luar tubuh, akan segera dikolonisasi oleh berbagai jenis jasad renik. Campuran jenis jasad renik yang hidup secara regular di berbagai organ tubuh manusia inilah yang disebut sebagai normal flora. Normal flora yang ditemukan di tubuh manusia terutama terdiri atas bakteri, na-

mun beberapa jenis jamur renik dan protista juga dapat ditemukan.

Manusia pertama kali dikolonisasi oleh normal flora pada saat kelahirannya. Proses persalinan merupakan kontak pertama manusia dengan dunia luar. Ketika masih dalam kandungan, kondisi bayi adalah steril. Begitu air ketuban pecah dan proses kelahiran dimulai, proses kolonisasi di permukaan tubuh bayi oleh jasad renik pun bermula. Penanganan kelahiran dan pemberian makan pertama pada bayi akan mengarah pada kemapanan perikehidupan normal flora di kulit, mulut, dan saluran pencernaan, dalam 48 jam pertama.

Diperkirakan sebanyak 10^{12} (angka 10 ditambah dengan angka 0 sebanyak 12 buah) individu bakteri hidup di permukaan kulit, 10^{10} di mulut, dan sekitar 10^{14} di saluran pencernaan manusia. Angka ini jauh di atas jumlah sel yang membentuk otot dan organ tubuh seorang manusia dewasa.

Hubungan antara jasad renik dengan manusia sebagai inangnya adalah dalam bentuk interaksi yang dinamis. Keduanya, baik jasad renik maupun inangnya, diperkirakan memperoleh keuntungan dari hubungan ini. Hubungan kerja sama yang saling menguntungkan diperkirakan terjadi dengan sebagian besar jenis normal flora yang hidup di tubuh manusia. Normal flora secara teratur akan memperoleh pasokan nutrisi, jaminan perlindungan dan lingkungan yang stabil, serta fasilitas transportasi dari manusia. Di sisi lain, manusia memperoleh keuntungan dalam hal ketersediaan nutrisi dan proses pencernaan, stimulasi dari perkembangan dan aktivitas sistem imunitas tubuh, serta perlindungan dari kemungkinan terjadinya kolonisasi oleh jasad renik patogen.

Beberapa organisme jasad renik bersifat oportunis. Sebagian bentuk penyakit yang diderita datangnya dari normal flora oportunis ini, misalnya saja pada penderita AIDS. Pada kondisi normal (belum diinfeksi virus HIV), jasad renik *Pneumocytis carinii* yang hidup di paru-paru tidak menimbulkan masalah. Begitu imunitas tubuhnya bermasalah karena terserang AIDS, maka jasad renik ini akan menjadi penyebab terjadinya pneumonia yang mematikan. Contoh lainnya adalah penyakit bronchitis kronis pada perokok. Normal flora yang semula beraktivitas secara baik-baik akan memanfaatkan kelemahan manusia (karena merokok) untuk menginvasi paru-paru.

Kadangkala hubungan antara normal flora dengan inangnya sulit dimengerti, yaitu saat hubungan ini tidak menghasilkan keuntungan atau kerugian apa-apa terhadap kedua pihak. Hubungan demikian disebut ko-

mensal. Diduga, hubungan demikian ini terjadi pada jasad renik yang selalu hadir, namun ditemukan dalam jumlah yang sedikit. Akan tetapi, sebenarnya apabila hubungan komensal ini dipelajari lebih dalam, sifat merugikan dan/atau menguntungkan satu atau kedua pihak akan dapat dipahami.

Normal flora juga hidup di bagian permukaan dan di bawah permukaan kulit manusia. Diketahui ada 19 kelompok besar normal flora yang terdiri atas 205 marga hidup di bagian kulit. Bagian besar dari mikroflora yang hidup di kulit termasuk dalam kelompok besar Actinobacteria (51,8%), Fermicutes (24,4%), Proteobacteria (16,5%), dan Bacteriodetes (6,3%).

Luasan kulit yang menutup seluruh tubuh manusia dewasa diperkirakan mencapai 2 meter persegi. Pada area seluas ini terdapat begitu banyak habitat, yang masing-masing memiliki suasana dan lingkungan yang berbeda. Area kulit dengan tingkat kelembapan yang tinggi, seperti area ketiak, selangkangan, atau sela-sela jari, dapat mengundang bakteri dalam jumlah sangat banyak. Pada kulit di bagian tubuh lainnya, seperti kulit lengan yang terbuka dan kering, kepadatan populasi bakterinya tidak terlalu tinggi.

Pada kondisi yang terakhir ini, kepadatan individunya berada pada kisaran 100–1.000 individu per senti-

Gambar 4.1
Bakteri Staphylococcus epidermidis.
(wishart.biology.ualberta.ca)

meter persegi. Mereka umumnya berkumpul di sekitar kelenjar keringat. Beberapa jenis bakteri, seperti *Staphylococcus* (*S. epidermidis* [Gambar 4.1], *S. viridans*, *S. mitis*), *Micrococcus* (*M. luteus*), atau *Propionibacterium* (*P. acnes*), serta jamur renik *Rhodotorula rubra*, *Aspergilus flavus*, dan banyak jenis lainnya, diciri hidup di lapisan epidermis kulit serta pada folikel (lekukan pada kulit tempat tumbuhnya rambut). Jenis-jenis ini tidak menimbulkan penyakit, dan diduga memiliki hubungan komensal dengan manusia

Menganggap hubungan ini tidak saling menguntungkan tampaknya tidak cukup tepat. Bila dilihat lebih teliti, tampaknya organisme ini memiliki hubungan saling menguntungkan dengan manusia. Jasad renik akan memperoleh nutrisi dari habitatnya, seperti keringat, kulit mati, dan sebagainya,

sedang manusia memperoleh perawatan karena jasad renik mengeluarkan asam lemak yang menghalangi tumbuhnya jamur renik dan ragi (yang dapat saja bersifat patogen) di kulit. Akan tetapi, apabila kondisi lingkungan berubah, misalnya ketika sekelompok bakteri *Propionibacterium acnes* terjebak di dalam folikel, maka organisme ini akan berkembang dengan cepat dan dapat menimbulkan gangguan berupa benjolan kecil yang disebut jerawat.

Staphylococcus epidermidis juga dapat ditemukan hidup di hampir semua organ manusia, mulai dari kulit, mulut, saluran pencernaan, hingga saluran reproduksi. Kemampuannya beradaptasi yang sedemikian tinggi terhadap semua kondisi hanya dapat disaingi oleh *Staphylococcus aureus*. Bakteri ini memiliki potensi sebagai bakteri patogen.

Jamur renik berupa ragi juga banyak hadir di bagian luar kulit manusia. Di antaranya jenis-jenis *Malassezia*, seperti *Malassezia furfur* (Gambar 4.2) yang sangat berperan dalam membersihkan minyak yang dihasilkan oleh kelenjar minyak di kulit.

Sebagaimana dinyatakan di atas, kawasan lembap (yang seringkali juga disebabkan oleh tumbuhnya rambut) yang sangat disukai jasad renik adalah kawasan selangkangan, sekitar alat kelamin, dan ketiak. Kawasan ini merupakan tempat yang dianjurkan oleh beberapa hadis untuk dicukur rambutnya. Pengaturan tentang pemeliharaan dan pencabutan rambut disebutkan pada beberapa hadis. Rambut ketiak dan sekitar alat kelamin termasuk yang dianjurkan untuk dicukur atau dicabut. Alasan utamanya memang tidak disebutkan, tetapi akan dijelaskan secara ilmiah pada Boks III.

Gambar 4.2
Ragi Malassezia furfur. (en.wikipedia. org)

Normal flora juga hidup di biji mata. Dua jasad renik yang dominan ditemukan hidup di sini adalah *Staphylococcus epidermidis* dan *Propionibacterium acnes*. Beberapa bakteri lainnya, seperti *Staphylococcus aureus*, *Haemophilus aegyptius*, dan *Streptococcus viridans* kadang-kadang juga ditemukan.

BOKS III
MENCABUT BULU KETIAK DAN MENCUKUR RAMBUT KEMALUAN

Allah menciptakan segala sesuatu tentu tidak dengan sia-sia. Pasti ada hikmah dan manfaat di dalamnya, baik yang sudah maupun belum diketahui. Demikian pula halnya rambut yang tumbuh di tubuh manusia. Dalam hadis Nabi dijumpai petunjuk untuk mencukur rambut ketiak dan rambut kemaluan. Rasul bersabda,

عَشْرٌ مِنَ الْفِطْرَةِ: قَصُّ الشَّارِبِ وَإِعْفَاءُ اللِّحْيَةِ وَالسِّوَاكُ وَاسْتِنْشَاقُ الْمَاءِ وَقَصُّ الْأَظْفَارِ وَغَسْلُ الْبَرَاجِمِ وَنَتْفُ الْإِبْطِ وَحَلْقُ الْعَانَةِ وَانْتِقَاصُ الْمَاءِ. قَالَ زَكَرِيَّاءُ: قَالَ مُصْعَبٌ: وَنَسِيْتُ الْعَاشِرَةَ إِلَّا أَنْ تَكُوْنَ الْمَضْمَضَةَ. (رواه مسلم عن عائشة)

"Sepuluh hal yang termasuk fitrah (kesucian): mencukur kumis, membiarkan lebat jenggot, siwak, istinsyāq *(memasukkan air ke hidung), memotong kuku, mencuci celah jemari, mencabut bulu ketiak, mencukur rambut kemaluan, dan istinjāk." Zakaria berkata, "Muṣ'ab berkata, 'Saya lupa yang kesepuluh, kecuali berkumur.'"* (Riwayat Muslim dari 'Ā'isyah)

Dari sudut kehadiran jasad renik, dua kawasan "favorit" yang dipilih sebagai tempat tinggal adalah di ketiak dan sekitar selangkangan. Di dua tempat itu memang tumbuh rambut yang membuat tempat tersebut tetap lembap, sehingga jasad renik hidup dengan baik. Secara biologis, kehadiran rambut di ketiak dan sekitar kemaluan memang mempunyai peran. Di samping mengatur kelembapan dan stabilitas suhu (yang sangat penting dalam menjaga agar organ reproduksi di kemaluan tetap aman dan kulit tetap kering sehingga jasad renik tidak berkembang), maka rambut di dua tempat itu berperan menangkap dan menyebarkan feromon yang dihasilkan kelenjar di ketiak dan sekitar kemaluan.

Feromon adalah suatu hormon yang mengeluarkan bau dan dihasilkan oleh salah satu kelenjar pada manusia dan hewan lainnya yang digunakan untuk berkomunikasi. Apabila satu individu mengeluarkan feromon, maka sesama jenisnya akan menerimanya dengan cara mencium bau atau menyentuhnya, dan bereaksi terhadapnya. Diciri bahwa feromon yang

dihasilkan di ketiak dan selangkangan manusia ada kaitannya dengan seks. Secara umum dapat dikatakan bahwa feromon yang dihasilkan dimaksudkan untuk menarik lawan jenisnya dalam proses reproduksi.

Apakah dengan cara mencukur rambut ketiak dan sekitar kemaluan (yang dengan demikian tidak ada alat untuk menangkap feromon dan menyebarkannya) maka efek feromon akan jauh berkurang, sehingga manusia dapat mengatur dan menahan nafsu birahinya hingga tingkat tertentu. Penjelasan rincinya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Biji mata selalu diselimuti air mata yang dihasilkan kelenjar lachrymal. Kedipan mata yang dilakukan secara reguler akan menyapu seluruh bagian biji mata dengan air mata, mencuci serta mengeluarkan kotoran dari biji mata. Air mata yang mengandung bahan antibakteri lysozyme hampir tidak memberi jasad renik kesempatan untuk hidup dan mendiami biji mata, kecuali organisme itu memiliki mekanisme khusus untuk dapat menempel teguh pada biji mata dan tahan terhadap antibakteri lysozyme. Mekanisme demikian diduga dimiliki oleh jasad renik pendatang yang menginfeksi biji mata, di antaranya *Neisseria gonorrhoeae* dan *Chlamydia trachomatis*.

Gambar 4.3
Bakteri Bordetella parapertusis. (fineartamerica.com)

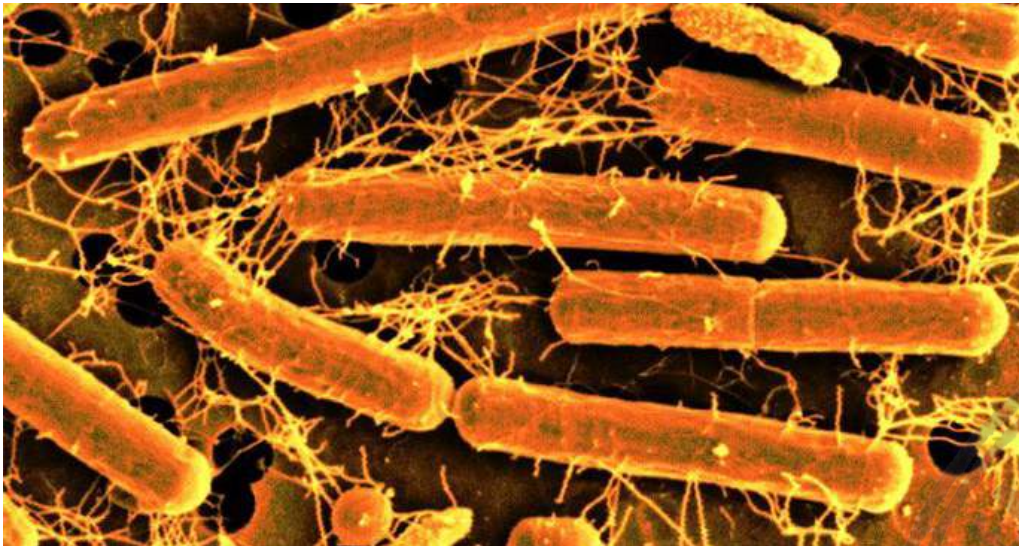
Bakteri dalam jumlah besar ditemukan hidup pada lubang hidung dan saluran pernapasan. *Bordetella parapertusis* (Gambar 4.3) dan *Eikenelle corrodens* adalah jenis-jenis yang lazim ditemukan di sini.

Pada bagian lubang hidung dapat ditemukan bakteri *Staphylococcus aureus*. Bagian tenggorokan (*pharynx*) umumnya dihuni oleh *Streptococcus viridans* dan *Neisseria elongate*, adapun tenggorokan bagian muka (*nasopharynx)* dihuni beberapa jenis bakteri seperti *Selenomonas sputigera,*

Neisseria mucosa, dan *Campilobacter spuforum*. Ketika manusia sakit tenggorokan, bakteri patogen seperti *Streptococcus pneumonia*, *Streptococcus pyogenes, Staphylococcus aureus, Haemophilus influenza*, dan *Neisseria meningiditis* ditemukan mengkolonisasi tenggorokan. Sementara itu, saluran pernapasan bagian dalam dan paru-paru pada umumnya dihuni oleh *Streptococcus pyogenes, Kingella kingae*, dan *Mycoplasma pneumonia*. Bagian saluran pernapasan yang lebih dalam lagi (trachea, bronchi, dan paru-paru), secara teori bebas jasad renik. Hal ini disebabkan oleh rambut renik (cilia) yang mengisi permukaan bagian dalam saluran yang berfungsi melakukan pembersihan secara efisien. Jasad renik yang masuk ke bagian ini akan didorong ke atas dan dibuang dengan cara bersin, batuk, atau ditelan. Meski demikian, beberapa jenis bakteri seperti *Streptococcus pyogenes, Kingella kingae*, dan *Mycoplasma pneumonia* ditemukan hidup di sini. Apabila dinding saluran pernapasan terluka, sebagaimana terjadi pada penderita bronchitis atau pneumonia, penderita akan rentan terinfeksi oleh bakteri pendatang dari *nasopharynx* seperti *Streptococcus pneumonia* atau *Haemophilus influenza*.

Normal flora hidup pula pada saluran reproduksi. Air kencing secara normal adalah steril. Akibat proses buang air kecil dilakukan secara teratur, saluran kecing seharusnya juga bebas dari jasad renik, namun dari analisis air kencing diketahui ada beberapa jenis jasad renik yang selalu hadir, walaupun dalam jumlah sedikit, seperti *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis, Eikenella corodens, Streptococcus anginosus,* dan beberapa bakteri lainnya. Jenis *E. coli* dan *Proteus* sp. kadangkala juga ditemukan.

Kawasan vagina menjadi bagian reproduksi yang dikolonisasi oleh banyak jasad renik. Vagina segera dikolonisasi jasad renik beberapa saat setelah bayi lahir. Beberapa di antaranya adalah *E. coli*, *Lactobacillus acidophilus*, *Mobiluncus curtisii, Mobilincus mulieris*, beberapa jenis *Staphylococcus*, *Streptococcus*, dan *Bividobacterium*. Pada masa reproduksi, mulai masa datang bulan hingga masa menopause, kulit luar vagina akan dilapisi oleh glikogen yang diproduksi sebagai akibat sirkulasi estrogen.

Lactobacillus acidophilus (Gambar 4.4) sebagai bakteri yang dominan, mampu melakukan metabolisme yang mengubah glikogen menjadi asam laktat. Asam laktat, bersama beberapa produk metabolisme lain, mampu menghambat kolonisasi jasad renik lainnya, kecuali beberapa jenis bakteri saja.

Gambar 4.4
Bakteri Lactobacillus acidophilus. (visualphotos.com)

Rendahnya keasaman di dalam vagina membuat banyak jasad renik, di antaranya yang potensial patogen seperti jamur renik *Candida albicans*, tidak dapat hidup. Proses demikian ini adalah salah satu contoh bagaimana jasad renik melindungi manusia atau inangnya yang menjadi tempat tinggalnya.

Vagina merupakan salah satu habitat yang sangat disukai jasad renik. Kondisinya cukup rentan terhadap penyakit apabila tidak dirawat dengan baik. Karena itu, Islam melarang suami menggauli istrinya pada masa haid. Penjelasannya dapat dilihat pada Boks IV.

Dalam kaitan dengan saluran reproduksi, salah satu produk yang dikeluarkan tubuh melaluinya adalah air kencing atau urine. Dalam beberapa hadis disebutkan bahwa urine dapat berperan sebagai obat. Hal ini dijelaskan pada Boks V.

Normal flora terbanyak ditemukan di saluran pencernaan. Bakteri diduga menjadi kelompok besar penghuni usus besar. Diperkirakan ada 300–1.000 jenis normal flora yang hidup di sana, dengan rata-rata 500 jenis per orang. Sebagian besar jumlahnya (99%) termasuk dalam 30 atau 40 jenis saja. Di samping itu, jamur renik dan protozoa juga menjadi bagian dari jasad renik di saluran makanan, namun sampai saat ini belum diketahui perannya dalam membantu proses pencernaan.

Komposisi jenis normal flora di saluran pencernaan bervariasi berda-

sarkan perbedaan umur, diet, kondisi kebudayaan, dan penggunaan obat terutama antibiotik. Jumlah individu jasad renik di saluran pencernaan adalah yang terbanyak dibandingkan dengan yang ada di organ tubuh lainnya.

BOKS IV

LARANGAN MENGGAULI ISTRI SAAT HAID

Haid adalah peristiwa ilmiah saat terjadi perubahan fisiologis pada wanita di usia subur. Situasi ini bersifat alami dalam suatu sistem rangkaian proses reproduksi secara seksual yang berada di bawah kendali sistem endokrin (sistem pengeluaran hormon). Pada masa haid, perubahan fisiologis pada organ rahim dan organ lain yang terkait dengannya berkait dengan penurunan kesehatan rohani dan jasmani wanita yang mengalaminya.

Dalam kaitan ini, Islam tidak memperkenankan suami untuk menggauli istrinya. Salah satu ayat dalam Al-Qur'an yang dengan jelas berbicara mengenai hal tersebut adalah:

وَيَسْـَٔلُوْنَكَ عَنِ الْمَحِيْضِۗ قُلْ هُوَ اَذًىۙ فَاعْتَزِلُوا النِّسَاۤءَ فِى الْمَحِيْضِۙ وَلَا تَقْرَبُوْهُنَّ حَتّٰى يَطْهُرْنَۚ فَاِذَا تَطَهَّرْنَ فَأْتُوْهُنَّ مِنْ حَيْثُ اَمَرَكُمُ اللّٰهُ ۗ اِنَّ اللّٰهَ يُحِبُّ التَّوَّابِيْنَ وَيُحِبُّ الْمُتَطَهِّرِيْنَ ﴿٢٢٢﴾

Dan mereka menanyakan kepadamu (Muhammad) tentang haid. Katakanlah, "Itu adalah sesuatu yang kotor." Karena itu jauhilahistri pada waktu haid; dan jangan kamu dekati mereka sebelum mereka suci. Apabila mereka telah suci, campurilah mereka sesuai dengan (ketentuan) yang diperintahkan Allah kepadamu. Sungguh, Allah menyukai orang yang tobat dan menyukai orang yang menyucikan diri. (al-Baqarah/2: 222)

Larangan bagi suami menggauli istri saat haid itu disebutkan juga dalam sabda Nabi,

مَنْ أَتَى حَائِضًا أَوِ امْرَأَةً فِيْ دُبُرِهَا أَوْ كَاهِنًا فَقَدْ كَفَرَ بِمَا أُنْزِلَ عَلَى مُحَمَّدٍ. (رواه الترمذي عن أبي هريرة)

Barang siapa menggauli istri yang sedang haid atau menggauli di duburnya atau mendatangi dukun maka ia telah mengingkari apa yang diturunkan kepada Muhammad (Al-Qur'an). (Riwayat at-Tirmiżiy dari Abū Hurairah)

Mengapa Islam mengaturnya demikian? Penjelasan ilmiahnya dapat disimak pada Lampiran 4.

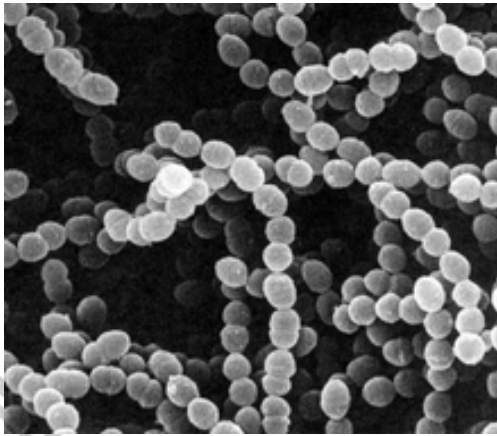
Bagian mulut merupakan tempat yang sangat digemari jasad renik. Kehadiran nutrien berupa sisa-sisa makanan dan kotoran lainnya, menjadikan mulut menjadi habitat yang disukai jasad renik.

BOKS V
URINE SEBAGAI OBAT

Anas bin Mālik mengatakan, beberapa orang dari Suku ‘Ukl menghadap Rasulullah di Madinah. Mereka mengeluh sakit karena iklim di Madinah tidak sesuai untuk mereka. Rasulullah berkata kepada mereka, “Apabila kalian mau, datangilah unta yang diperuntukkan untuk sedekah, dan minumlah susu dan air kencingnya.” Mereka mematuhi pesan Nabi, dan mereka pun sembuh; riwayat ini dicatat dalam *Ṣaḥīḥ al-Bukhāriy*. Dalam *Ṣaḥīḥ Muslim* juga diriwayatkan hal yang sama, yaitu minum susu dan urine unta dapat menyembuhkan sakit pembengkakan limpa.

Riwayat ini bukanlah isapan jempol belaka. Rasulullah memberikan resep urine unta sebagai obat, maka masyarakat muslim percaya bahwa informasi yang disampaikannya merupakan petunjuk dari Allah. Masyarakat pun terus mempraktikkannya dan melakukan banyak penelitian untuk membuktikannya. Hasilnya, sampai saat ini urine manusia diketahui dapat menjadi terapi untuk banyak penyakit, sebut saja penyakit Multiple Sclerosis, Colitis, Lupus, Rheumatoid Arthritis, kanker, Hepatitis, Hyperactivity, Pancreatic Insufficiency, Psoriasis, Eczema, Diabetes, Herpes, Mononucleosis, Adrenal Failure, alergi, dan banyak lagi. Urine dengan demikian perlu diteliti lebih dalam karena manfaatnya dalam bidang kesehatan sangat nyata.

Penelitian mengenai kandungan kimia dan jasad renik dalam urine memperlihatkan material yang dapat digunakan dalam penyembuhan banyak penyakit. Terlepas dari persepsi masyarakat terhadap urine, kenyataan memperlihatkan bahwa banyak perusahaan farmasi telah menghasilkan obat-obatan senilai miliaran dolar dari senyawa kimia yang ada dalam air seni. Kondisi demikian terjadi karena penggunaan urine sebagai obat telah dipraktikkan sejak masa lalu.

Uraian rinci mengenai temuan ilmiah dalam hal ini dapat dilihat pada Lampiran 5.

Gambar 4.5
Bakteri Streptococcus salivarius. (hopeland-cn.com)

Komposisi normal flora di bagian mulut sangat bergantung pada situasi ekologis yang berkaitan dengan umur. Pada saat lahir, mulut manusia hanya terdiri atas organ berupa otot yang dibasahi oleh air ludah. Pada masa ini mulut dalam keadaan steril. Keadaan ini tidak berlangsung lama, terutama saat bayi pertama kali minum air susu ibu. Jasad renik mulai mengkolonisasi bagian dalam mulut. Pada saat-saat pertama kolonisasi jasad renik, bakteri *Streptococcus salivarius* (Gambar 4.5) merupakan jasad renik yang dominan. Kehadirannya dapat mencapai 98% dari total normal flora yang ada. Keadaan demikian berjalan sampai dengan saat gigi mulai tumbuh (umur 8–9 bulan).

Dengan bertumbuhnya gigi, *Streptococcus mutans* dan *S. sanguins* mulai muncul. Kedua bakteri ini sebelumnya tidak ada karena mereka tidak menempel pada permukaan yang berupa otot. Organisme ini menyukai permukaan seperti gigi untuk tempat menempel. Organisme ini akan tetap ada sepanjang gigi masih ada. S*treptococcus mutans* adalah bakteri oportunis. Bakteri ini berperan besar dalam terbentuknya plak pada gigi dan dimulainya caries. Dengan berjalannya waktu, bertambah pula tipe habitat yang terbentuk di rongga mulut, seperti sela-sela gigi, geraham, dan lain-lainnya. Dengan bertambahnya habitat, jenis yang memanfaatkannya pun ikut bertambah. Beberapa jenis bakteri yang lazim ditemukan di mulut adalah *Actinomyces viscous, Actinomyces naeslundii, Arachnia propionica, Bacteroides ginggivalis,* dan *Haemophylus paraphrophilus.*

Normal flora yang hidup di mulut memperoleh keuntungan dari tersedianya nutrisi dan habitat. Bagi manusia sebagai inangnya, beberapa keuntungan juga dapat diperoleh. Dengan diisinya semua habitat yang ada, kemungkinan jasad renik pendatang (yang dapat saja bersifat patogen) untuk masuk dan hidup di habitat itu menjadi kecil. Normal flora juga dapat membantu manusia dengan mensintesis nutrisi dan menghasilkan vitamin, membantu dalam sistem imunitas tubuh dengan menghasilkan antibodi, dan mengeluarkan produk kimiawi

yang mencegah dan membunuh jasad renik pendatang, seperti memproduksi asam lemak, peroksida, atau bacteriocin.

Di pihak lain, normal flora juga dapat menimbulkan ketidaknyamanan pada inangnya. Apabila jasad renik memperoleh kesempatan masuk lebih dalam ke jaringan otot atau gigi, maka manusia akan menderita berbagai penyakit, seperti abses, gingivitis, sakit gigi, dan sejenisnya. Penyakit akibat normal flora bahkan dapat lebih parah karena dapat pula mempengaruhi organ lain seperti paru-paru, otak, dan lainnya. Kondisi demikian umumnya dilakukan oleh campuran jasad renik, namun bakteri *Bacteroides merlaninogenicus* sering kali merupakan pemain utamanya.

Salah satu masukan dari Islam mengenai kebersihan mulut, khususnya gigi, adalah penggunaan ranting pohon siwak atau miswak untuk membersihkan gigi. Kandungan kimia pada ranting pohon ini diketahui dapat menurunkan populasi jasad renik yang potensial menyebabkan penyakit. Penjelasan mengenai penggunaan ranting miswak untuk kesehatan mulut dapat dilihat pada Boks VI.

Air ludah dan jasad renik yang hidup di dalamnya cukup mendapat perhatian Nabi Muhammad, terutama dalam hal pengobatan. Dalam hadisnya diuraikan bagaimana air ludah yang dicampur dengan tanah dapat menyembuhkan luka. Ternyata fakta ilmiahnya memberikan dukungan terhadap praktik demikian, sebagaimana dapat dilihat pada Boks VII.

Berbeda halnya dengan liur anjing. Beberapa hadis menjelaskan kenajisannya. Najisnya air liur anjing dijelaskan dari perspektif hukum Islam dan pandangan ilmiah pada Boks VIII.

Di bagian lambung, komposisi jasad reniknya terbawa dari makanan dan air ludah. Jasad renik yang dapat hidup di organ ini sangat sedikit karena lambung memproduksi asam lambung yang asam. Hanya *Lactobacillus* yang tahan kondisi asam yang dapat hidup. Namun, begitu lambung berubah menjadi tidak normal, akan ada banyak jasad renik yang dapat hidup di dalamnya. Di antaranya adalah *Helicobacter pylori* yang dapat mengakibatkan tukak lambung.

Pada bagian usus kecil, dominasi dipegang oleh jenis-jenis jasad renik *Lactobacillus* dan *Enterococcus faecalis*. Di wilayah ini kepadatan bakteri dapat mencapai antara 10^5–10^7 per mililiter cairan usus. Pada bagian akhir usus kecil, kepadatan populasi jasad reniknya terus bertambah (10^8/ml). Komposisi jenisnya pun berubah dan didominasi oleh kelompok coliform (seperti *E. coli*) dan *Bacteroides*.

BOKS VI
MISWAK DAN KEBERSIHAN MULUT

Pohon miswak (*Salvatora persica*) disebut satu kali dalam Al-Qur'an sebagai pohon yang berbuah pahit, yaitu pada Surah Saba'/34: 15–16.

لَقَدْ كَانَ لِسَبَاٍ فِيْ مَسْكَنِهِمْ اٰيَةٌ ۚ جَنَّتٰنِ عَنْ يَّمِيْنٍ وَّشِمَالٍ ەۗ كُلُوْا مِنْ رِّزْقِ رَبِّكُمْ وَاشْكُرُوْا لَهٗ ۗ بَلْدَةٌ
طَيِّبَةٌ وَّرَبٌّ غَفُوْرٌ ﴿١٥﴾ فَاَعْرَضُوْا فَاَرْسَلْنَا عَلَيْهِمْ سَيْلَ الْعَرِمِ وَبَدَّلْنٰهُمْ بِجَنَّتَيْهِمْ جَنَّتَيْنِ ذَوَاتَيْ
اُكُلٍ خَمْطٍ وَّاَثْلٍ وَّشَيْءٍ مِّنْ سِدْرٍ قَلِيْلٍ ﴿١٦﴾

Sungguh, bagi kaum Saba' ada tanda (kebesaran Tuhan) di tempat kediaman mereka yaitu dua buah kebun di sebelah kanan dan di sebeleh kiri, (kepada mereka dikatakan), "Makanlah olehmu dari rezeki yang (dianugerahkan) Tuhanmu dan bersyukurlah kepada-Nya. (Negerimu) adalah negeri yang baik (nyaman) sedang (Tuhanmu) adalah Tuhan Yang Maha Pengampun." Tetapi mereka berpaling, maka Kami kirim kepada mereka banjir yang besardan Kami ganti kedua kebun mereka dengan dua kebun yang ditumbuhi (pohon-pohon) yang berbuah pahit, pohon Aṡl dan sedikit pohon Sidr. (Saba'/34: 15–16)

Ranting pohon ini dianjurkan dalam banyak hadis untuk digunakan membersihkan mulut, khususnya gigi. Salah satunya dalam hadis berikut.

لَوْلَا أَنْ أَشُقَّ عَلَى أُمَّتِيْ لَأَمَرْتُهُمْ بِالسِّوَاكِ عِنْدَ كُلِّ صَلَاةٍ. (رواه مسلم عن زهير)

Apabila saya tidak khawatir memberatkan umatku, niscaya akan saya perintahkan mereka bersiwak (membersihkan gigi) setiap hendak salat. (Riwayat Muslim dari Zuhair)

Hasil penelitian memperlihatkan, ekstrak miswak dan pasta gigi memiliki efek yang sama dalam mencegah perkembangan bakteri patogen dan kariogenik. Akan tetapi, miswak dapat dijadikan alter-natif pengganti pasta gigi karena sangat murah dan mudah dijumpai. Pohon miswak tersedia dan mudah diperbanyak di pedesaan pada negara-negara miskin. Tidak perlu keahlian khusus dan modal finansial yang besar untuk memproduksinya.

Batang dan akar miswak memiliki bau yang spesifik, harum dan sedikit menimbulkan rasa hangat. Miswak digunakan sejak ratusan tahun lalu sebagai penyikat gigi. Rantingnya yang memiliki banyak serabut telah

dipromosikan oleh WHO (World Health Organization), badan kesehatan dunia, sebagai alat untuk membersihkan mulut. Penelitian telah menunjukkan bahwa tanaman ini mengandung beberapa bahan yang baik untuk kesehatan, di antaranya antiseptik, pembersih (*detergent*), pengharum (*astringent*), penghalang terurainya enzim (*enzyme inhibator*) dan fluoride. Uraian perihal miswak dan kesehatan mulut dapat dilihat pada Lampiran 6.

BOKS VII
AIR LUDAH DAN TANAH SEBAGAI OBAT LUKA

Salah satu hadis yang membicarakan penyembuhan luka dengan air ludah dan tanah adalah,

كَانَ إِذَا اشْتَكَى الْإِنْسَانُ الشَّيْءَ مِنْهُ أَوْ كَانَتْ بِهِ قَرْحَةٌ أَوْ جَرْحٌ قَالَ النَّبِيُّ صَلَّى اللّٰهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ بِإِصْبَعِهِ هَكَذَا، وَوَضَعَ سُفْيَانُ سَبَّابَتَهُ بِالْأَرْضِ، ثُمَّ رَفَعَهَا: بِسْمِ اللّٰهِ تُرْبَةُ أَرْضِنَا بِرِيْقَةِ بَعْضِنَا لِيَشْفِيَ بِهِ سَقِيْمُنَا بِإِذْنِ رَبِّنَا. (رواه مسلم عن عائشة)

Apabila ada orang yang mengeluh sakit kepada Rasulullah, atau orang itu menderita luka bernanah atau luka biasa, beliau berkata sambil meletakkan jari beliau ke tanah lalu mengangkatnya dengan mengucapkan, "Dengan nama Allah, dengan tanah kami, air ludah sebagian kami, semoga orang yang sakit di antara kami dapat sembut, dengan izin Tuhan kami." (Riwayat Muslim dari Ā'isyah)

Berkat kemajuan ilmu pengetahuan, diketahui bahwa air ludah dan juga tanah mengandung material yang dapat menghilangkan rasa nyeri dan menyembuhkan luka. Dalam air liur ternyata terkandung material antibakteri, di antaranya hitatin, dan pereda rasa sakit (*pain killer*) yang diberi nama opiorphin. Di tanah terdapat banyak jasad renik yang di antaranya dapat mencegah dan menyembuhkan infeksi pada luka, seperti *Clostridium sporogenes*. Bahkan, saat ini jasad renik tersebut sedang diuji coba untuk dapat mengobati penyakit kanker dan tumor. Adapun bakteri lainnya, yakni *Mycobacterium vaccae*, dapat berperan dalam menurunkan tingkat kegelisahan penderita akibat demam dan ketidaknyamanan akibat luka yang dideritanya. Penjelasan yang lebih rinci mengenai hal ini dapat pembaca temukan di Lampiran 7.

BOKS VIII
PERIHAL NAJISNYA AIR LIUR ANJING

Hukum tentang najisnya air liur anjing memang tidak didasarkan pada ayat Al-Qur'an, melainkan pada hadis-hadis Nabi, di antaranya,

طُهُوْرُ إِنَاءِ أَحَدِكُمْ إِذَا وَلَغَ فِيْهِ الْكَلْبُ أَنْ يَغْسِلَهُ سَبْعَ مَرَّاتٍ أُوْلَاهُنَّ بِالتُّرَابِ. (رواه مسلم عن أبي هريرة)

Sucinya wadah kalian apabila dijilat oleh anjing adalah dengan mencucinya tujuh kali, cucian yang pertama kalinya dicampur dengan debu. (Riwayat Muslim dari Abū Hurairah)

Menurut ulama mazhab Syafi'i, air liur anjing adalah najis. Tingkat kenajisannya bahkan termasuk berat (*mugallaẓah*). Untuk menyucikannya diperlukan tujuh kali siraman air, di mana salah satunya dicampur dengan tanah. Bila air liur anjing disepakati kenajisannya, tidak demikian halnya dengan kenajisan tubuh anjing. Ada yang menajiskannya, sedangkan yang lain tidak.

Mulut anjing adalah lingkungan yang sangat baik untuk berkembang biaknya jasad renik. Beberapa penyakit yang disebabkan bakteri patogen biasa ditemui pada gigitan anjing, seperti penyakit pasteurela, tetanus, rabies, klebsiella, proteus, eikenella, dan sebagainya, dalam kehidupan sehari-hari.

Anjing hampir tidak pernah membersihkan mulutnya. Mereka selalu menggunakan mulut untuk menggigit dan menyentuh hampir semua benda yang disukainya. Mereka bahkan menggunakan lidahnya sebagai "kertas toilet", bukan saja untuk dirinya sendiri, tetapi juga untuk anjing lain yang ditemuinya. Dari perilaku demikian dapat dibayangkan berapa banyak komunitas jasad renik yang akan terbentuk pada luka gigitan anjing.

Pengamatan berbagai sumber menemukan bahwa komposisi jenis jasad renik dari satu hewan ke hewan lain yang sejenis (baik karnivora maupun herbivora) tidak terlalu berbeda. Anjing dan kucing, misalnya,

komposisi jenis jasad renik di mulutnya hampir sama. Kalaupun berbeda, itu hanya dalam hal jumlah yang itu pun tidak signifikan. Dilihat dari fakta ini, tampak bahwa najisnya air liur anjing tidak dapat dibahas dari perspektif ilmu pengetahuan, melainkan lebih pada mengikuti aturan hukum Islam yang telah disetujui para ulama. Uraian lebih rinci perihal najisnya air liur anjing dapat dilihat pada Lampiran 8.

Gambar 4.5
Bakteri Enterococcus faecalis. (en.wikipedia.org)

Enterococcus faecalis (Gambar 4.5) adalah anggota normal flora yang selalu ditemukan di dalam usus. Banyak negara sudah menggunakan jenis bakteri ini sebagai standar indikator (di samping *E. coli*) untuk mengukur kadar pencemaran oleh kotoran manusia. Belakangan diketahui bahwa bakteri patogen ini tahan terhadap antibiotik. Secara kualitatif, jasad renik pada usus besar sama dengan yang ditemukan pada tinja. Jenis yang banyak ditemukan adalah bakteri anaerob *Bacteroides* dan *Bifidobacterium bifidum*. Jasad renik tersebut dapat melebihi kehadiran *Escherichia coli* dalam perbandingan yang sangat besar (1.000 : 1 sampai 10.000 : 1). Kepadatan individunya bisa mencapai di atas 10^{10} per gram.

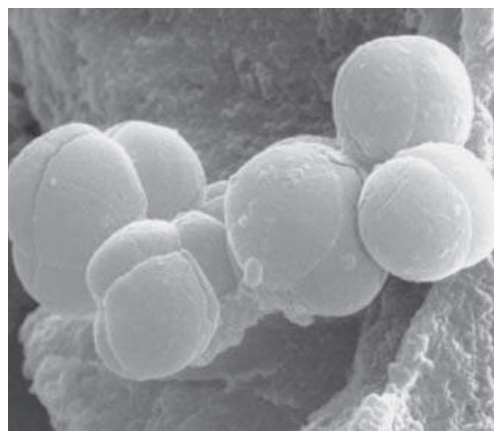
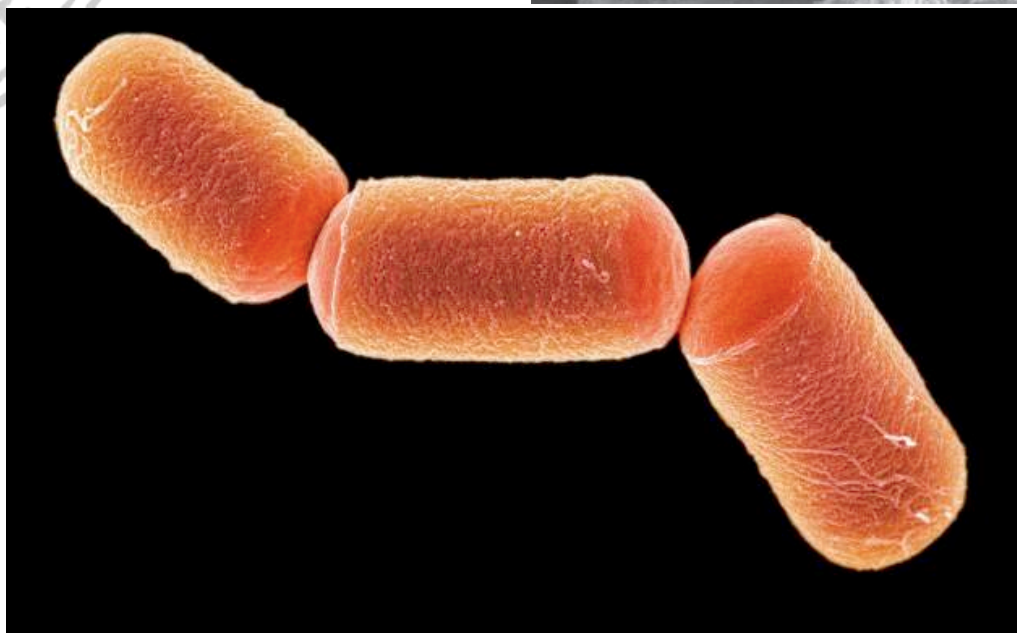
Bakteri *Bifidobacterium bifidum* (Gambar 4.6) dikenal sebagai jasad renik "baik". Bakteri ini diciri menjadi bakteri yang dominan di dalam usus bayi yang memperoleh air susu ibu. Organisme ini diduga berperan dalam mencegah terjadinya kolonisasi jasad renik patogen. Saat ini, bakteri ini ba-

Gambar 4.6
Bakteria Bifidobacterium bifidum. (kimchitech.co.kr)

nyak digunakan dalam memproduksi yoghurt dan sering kali disertakan dalam minuman probiotik.

Jenis-jenis lain yang umum ditemukan hidup pada usus besar adalah *Bacteroides fragilis*, *Bacteroides melaninogenicus, Bacteroides oralis, Enterococcus faecalis*, dan *Escherichia coli*, disusul kemudian oleh jenis-jenis dari marga *Klebsiella* dan *Enterobacter*. Jenis lainnya adalah *Proteus mirabilis*, jenis-jenis *Lactobacillus*, *Staphylococcus aureus*, dan *Clostridium perfringens*.

Jasad renik dari kelompok archaea juga dapat ditemukan dalam jumlah yang jauh lebih rendah. Kelompok archaea yang umum ditemukan adalah dari jenis *Methanobrevibacter smithii* atau *Methanospharea stadtmanae* (Gambar 4.7). Keberadaannya seringkali tidak terdeteksi karena jumlahnya yang memang hanya sedikit. Sampai dengan tahun 2007, masih tidak jelas apakah kehadiran kelompok archaea dapat bersifat patogen.

Di samping semua itu, jasad renik juga mendiami sistem urat saraf

Gambar 4.7
Jasad renik kelompok archaea, Methanobrevibacter smithii dan Methanospharea stadtmanae.
(corbisimages.com; microbewiki.kenyon.edu)

manusia, seperti di sekitar simpul-simpul saraf di tulang belakang, dan juga pada sistem peredaran darah. Dari uraian di atas dapat diciri bahwa hubungan antara normal flora dan manusia sebagai tempat hidupnya adalah saling menguntungkan. Secara singkat dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Normal flora mensintesis nutrisi yang tersedia dan menghasilkan vitamin. Vitamin yang dihasilkannya berlebih daripada apa yang diperlukannya, sehingga di buang ke luar tubuhnya. Buangan ini diserap dan dimanfaatkan oleh inangnya. Beberapa bakteri diketahui "menyumbangkan" vitamin K dan B12 kepada manusia.
2. Normal flora secara fisik mencegah terjadinya kolonisasi jasad renik pendatang yang mungkin saja bersifat patogen. Caranya adalah dengan bersaing dalam mendapatkan tempat dan nutrisi. Hal ini sangat signifikan untuk beberapa bagian tubuh, seperti yang terjadi di bagian mulut, usus, kulit, dan vagina.
3. Normal flora dapat menjadi lawan tangguh bagi jasad renik pendatang karena memproduksi racun yang dapat mencegah kolonisasi atau membunuh jasad renik pendatang.
4. Normal flora merangsang produksi antibodi alami. Di sini, normal flora berperan seperti antigen yang merangsang respons sistem imunitas tubuh untuk bertindak. Dengan demikian, sistem imun tubuh selalu siap menghadapi serangan.

B. PERAN JASAD RENIK PATOGEN

Sepanjang sejarah manusia, berbagai wabah menular dalam skala besar telah menimpa di banyak kawasan di dunia, seperti wabah cacar, demam typhoid, malaria, influenza, dan akhir-akhir ini AIDS. Pada abad ke-19 para peneliti baru mengetahui bahwa semua wabah penyakit ini disebabkan oleh jasad renik. Berbekal pengetahuan ini, mereka mengembangkan berbagai vaksin, antibiotik, dan metode lain untuk menyembuhkan dan mencegah wabah penyakit menular ini. Pengobatan medis bukanlah pertama dan satu-satunya cara menanggulangi wabah penyakit yang disebabkan jasad renik. Jauh sebelum penemuan dan penggunaan penisilin untuk menyembuhan penyakit, sistem imun di tubuh manusia sudah bekerja secara alami memerangi jasad renik berbahaya ini sejak awal diciptakannya manusia.

Kelompok jasad renik penyebab penyakit yang menonjol pada manusia, hewan, dan tumbuhan adalah kelompok bakteri. Satu di antaranya yang menjadi beban berat bagi umat manusia adalah bakteri *Mycobacterium*

tuberculosis, penyebab TBC. Sekitar dua juta orang diperkirakan tewas akibat penyakit ini di seluruh dunia. Kawasan Sahara di Afrika tercatat sebagai tempat kematian terbesar yang diakibatkan penyakit TBC. Jenis penyakit lain yang disebabkan bakteri adalah penyakit saluran pernapasan (a.l. pneumonia) yang disebabkan oleh bakteri *Streptoccocus* dan *Pseudomonas*. Beberapa bakteri juga menyebabkan penyakit saluran makanan, seperti bakteri *Shigella*, *Campylobacter,* dan *Salmonella*. Beberapa infeksi bakteri dapat menyebabkan terjadinya penyakit, di antaranya tetanus, tipus, demam, dipteri, sifilis, dan lepra.

Beberapa jenis bakteri lain dikenal bersifat oportunis. Pada kondisi tubuh normal, ia tidak mengganggu atau bahkan berguna bagi tubuh manusia. Akan tetapi, apabila tubuh "tidak normal", organisme yang sama akan menjadi jasad renik penyebab penyakit (bersifat patogen). Misalnya adalah *Staphylococcus* dan *Streptococcus.* Keduanya adalah kelompok bakteri "baik" dan banyak ditemukan hidup di permukaan kulit dan hidung. Namun begitu, keduanya dapat berubah "jahat" dan menyebabkan beberapa penyakit seperti *pneumonia* (penyakit saluran pernapasan) dan *meningitis* (menyerang membran yang melindungi otak), bahkan penyakit yang mematikan apabila kondisi lingkungannya berubah, seperti kotor atau terluka.

Jasad renik patogen dan penyakit yang diakibatkannya diuraikan lebih rinci pada Lampiran 9.

C. PENYAKIT DAN SISTEM IMUNISASI

1. Cara Penularan Penyakit

Dalam Islam, penyakit menular mendapat perhatian tersendiri. Pada masa Nabi, daerah di luar Madinah pernah dijangkiti wabah *ṭā'ūn* (pes, sampar, atau penyakit menular sejenis) dan *al-masīḥ* (penyakit gatal pada kulit, semacam gudig yang disebabkan oleh sejenis kuman yang menyebabkan kulit mengelupas). Rasulullah melarang siapa pun yang terkena kedua jenis penyakit itu (*ṭā'ūn* dan *al-masīḥ*) masuk ke Madinah.

لَا يَدْخُلُ الْمَدِيْنَةَ الْمَسِيْحُ وَلَا الطَّاعُوْنَ. (رواه البخاري عن أبي هريرة)

Tidak boleh masuk ke Madinah bagi penderita al-masīḥ dan ṭā'ūn. (Riwayat al-Bukhāriy dari Abū Hurairah)

Apa yang Nabi katakan adalah bentuk pencegahan terhadap kemungkinan menularnya wabah dari satu kawasan ke kawasan lain. Ada beberapa hadis lain yang juga menunjukkan per-

hatian Nabi dalam mencegah penyebaran penyakit, di antaranya:

الطَّاعُوْنُ رِجْزٌ أَوْ عَذَابٌ أُرْسِلَ عَلَى بَنِيْ إِسْرَائِيْلَ أَوْ عَلَى مَنْ كَانَ قَبْلَكُمْ، فَإِذَا سَمِعْتُمْ بِهِ بِأَرْضٍ فَلَا تَقْدَمُوْا عَلَيْهِ، وَإِذَا وَقَعَ بِأَرْضٍ وَأَنْتُمْ بِهَا فَلَا تَخْرُجُوْا فِرَارًا مِنْهُ. (رواه البخاري عن أسامة)

Ṭā'ūn adalah penyakit atau azab yang dikirimkan kepada Bani Israil atau umat sebelummu. Bila kamu mendengar penyakit ini mewabah di suatu negeri, jangan kamu memasuki negeri itu. Bila kamu telanjur berada di wilayah terjangkit, maka janganlah kamu keluar dari negeri itu dengan maksud menghindar darinya. (Riwayat al-Bukhāriy dari Usāmah)

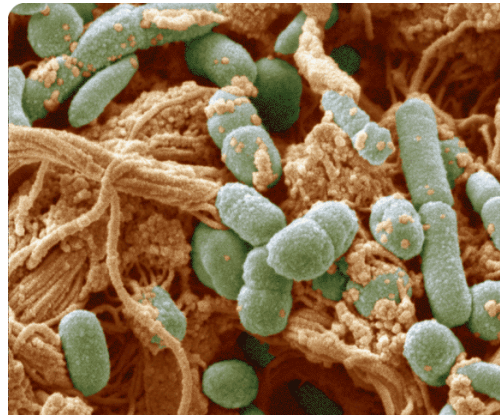
Rasulullah juga pernah ditanya oleh Āisyah tentang *ṭā'ūn*, Beliau menjawab,

إِنَّهُ كَانَ عَذَابًا يَبْعَثُهُ اللهُ عَلَى مَنْ يَشَاءُ، فَجَعَلَهُ اللهُ رَحْمَةً لِلْمُؤْمِنِيْنَ، فَلَيْسَ مِنْ عَبْدٍ يَقَعُ الطَّاعُوْنُ فَيَمْكُثُ فِي بَلَدِهِ صَابِرًا يَعْلَمُ أَنَّهُ لَنْ يُصِيْبَهُ إِلَّا مَا كَتَبَ اللهُ لَهُ إِلَّا كَانَ لَهُ مِثْلُ أَجْرِ الشَّهِيْدِ. (رواه البخاري عن عائشة)

Sungguh, ia adalah azab yang Allah timpakan kepada orang yang Dia kehendaki. Namun, Dia menjadikannya rahmat bagi orang mukmin. Bagi hamba yang di daerahnya terjangkit ṭā'ūn, lalu ia berdiam diri di sana dengan sabar dan sadar bahwa tidak akan ada menimpanya kecuali yang telah Allah tetapkan, maka ia memperoleh pahala bagaikan orang mati syahid. (Riwayat al-Bukhāriy dari Āisyah)

Penyakit dapat menular dengan berbagai cara, seperti kontak langsung, melalui udara, melalui makanan dan air minum, dengan perantaraan hewan, dan sebagainya.

a. Penularan akibat kontak badan atau bersentuhan dapat dilakukan hanya dengan sekadar berjabatan tangan dengan penderita. Penderita demam, misalnya, sebelum berjabat tangan dengan orang sehat telah mengusap hidungnya yang berlendir (dan mengandung jutaan *rhinovirus* penyebab demam). Dengan cara ini, orang yang sakit telah mentransfer penyakitnya kepada orang yang sehat.
b. Penyakit Hepatitis B dan virus HIV juga dapat menyebar melalui kontak badan, seperti persetubuhan. Pada saat ini, penyakit tersebut dapat beredar di antara para pengguna narkoba karena penggunaan bersama jarum suntik (Gambar 4.8).
c. Berbagai peralatan lain yang digunakan manusia dalam kehidupan sehari-hari dapat pula menjadi alat transportasi bagi jasad renik patogen. Handuk, sprei, sarung bantal, dan mainan anak-anak, adalah beberapa contohnya.

Gambar 4.8
Jarum suntik yang digunakan bersama-sama oleh para pecandu narkoba. (narconon.org)

Gambar 4.9
Kontaminasi kulit ayam potong oleh bakteri Salmonella. (microbiologyonline. org.uk)

Gambar 4.10
Air kotor yang dibuang ke tempat umum. (microbiology.org.uk)

d. Jasad renik juga dapat ditularkan melalui makanan. Seperti makhluk hidup lain, jasad renik memerlukan nutrisi untuk bertahan hidup. Banyak di antara jasad renik patogen menyukai makanan yang sama dengan manusia. Makanan yang sudah dikotori jasad renik semacam ini dapat menimbulkan berbagai penyakit saluran pencernaan, di antaranya kontaminasi ayam potong oleh bakteri *Salmonella* (Gambar 4.9). Pengotoran makanan dapat terjadi pada saat proses penyembelihan dan penyimpanan yang tidak baik. Kontaminasi dapat pula terjadi dalam proses memasak yang kurang higienis.
e. Air minum yang terkontaminasi kotoran manusia atau hewan, yang mungkin mengandung jasad renik patogen, dapat menularkan penyakit. Air bersih, kebersihan lingkungan, serta sistem pembuangan air yang baik (Gambar 4.10) dapat mencegah terjadinya penyakit disentri dan kolera.
f. Udara dapat menjadi sarana yang efektif dalam menularkan penyakit. Batuk dan bersin, di antaranya, dapat menularkan penyakit dari seseorang ke orang lainnya.
g. Penularan melalui serangga banyak

Gambar 4.11
Serangga penyebar jasad renik patogen.
(microbiologyonline. org. uk)

terjadi. Faktor kebersihan menjadi pendukung terjadinya penularan oleh serangga ini (Gambar 4.11).

Malaria disebarkan dari orang ke orang lain melalui pengisapan darah yang mengandung protozoa *Plasmodium falciparum* oleh jenis nyamuk tertentu. Penyakit yang disebut *Black Death* disebabkan oleh bakteri patogen *Yersinia pestis* yang dikandung tikus yang sakit, dan disebarkan melalui gigitan kutu tikus.

Lalat rumah juga berperan dalam tercemarnya makanan. Bakteri *Salmonella* dan *E. coli* O157 dipindahkan melalui bulu-bulu yang menutupi kaki dan tubuh lalat. Jasad renik ini sendiri tidak berkembang biak pada tubuh lalat, namun akan berkembang pada makanan yang tercemar.

Beberapa jenis lalat menyebarkan jasad renik penyakit dengan cara menghisap darah manusia, sebagaimana dilakukan oleh nyamuk. Empat jenis lalat penyebar penyakit menular (Gambar 4.12) adalah:

1. *Sand Fly, Lutzomyia longipalpis*, penyebar penyakit *Leishmaniensis* dan *Bartonellosis*;
2. Lalat hitam, *Simulium*, penyebar penyakit *Onchocerciasis*;
3. Lalat Tsetse, *Glossina_morsitans*, penyebar penyakit *Trypanosomiasis* atau sakit tidur;
4. Lalat rumah (*Musca domestica*), penyebar penyakit *Thypoid* dan disentri.

Pada dasarnya, penerapan sanitasi dan aturan yang mendukung kesehatan masyarakat harus diadakan dan diterapkan dengan baik dalam upaya mengendalikan penyakit menular. Ide ini muncul pada akhir abad ke-19, setelah para pengamat menciri bahwa penyakit menular selalu dimulai di wilayah urban, di mana masyarakat berbagi sumber air dan sekaligus menciptakan kondisi lingkungan yang kotor. Dengan pengetahuan bahwa penyakit disebabkan oleh jasad renik, para pejabat kesehatan masyarakat berpaling pada ilmu pengetahuan untuk memperoleh petunjuk. Mereka merancang peraturan dan cara-cara untuk melindungi perairan umum, penanganan sisa dan kotoran, serta cara

Gambar 4.12
Empat jenis lalat penyebar penyakit menular: a) Sand Fly, Lutzomyia longipalpis; b) Lalat hitam, Simulium; c) Lalat Tsetse, Glossina morsitans; d) Lalat rumah, Musca domestica. (nature.raywilsonbirdphotography.co.uk; simbania.wordpress.com; raywilsonbirdphotography.co.uk; walexanderwild.com).

menanggulangi apabila terjadi wabah penyakit.

Pengelola air minum mulai melakukan filtrasi dalam memproses air minum. Beberapa saat kemudian, mereka juga menerapkan penggunaan campuran klorin dalam air minum untuk mencegah berkembangnya penyakit yang disebabkan oleh jasad renik yang ditularkan melalui air minum. Di rumah sakit, berbagai cara sterilisasi yang dilakukan terhadap alat-alat kedokteran telah mengurangi penyebaran penyakit infeksi di antara para pasien. Restoran dan tempat makan lainnya saat ini sudah diharuskan mengikuti prosedur sanitasi untuk mencegah penularan penyakit melalui makanan. Masyarakat pun telah diharuskan melakukan vaksinasi terhadap anak-anak pada umur tertentu. Vaksinasi ini telah menurunkan terjadinya penyakit menular, seperti polio dan cacar air, di masyarakat.

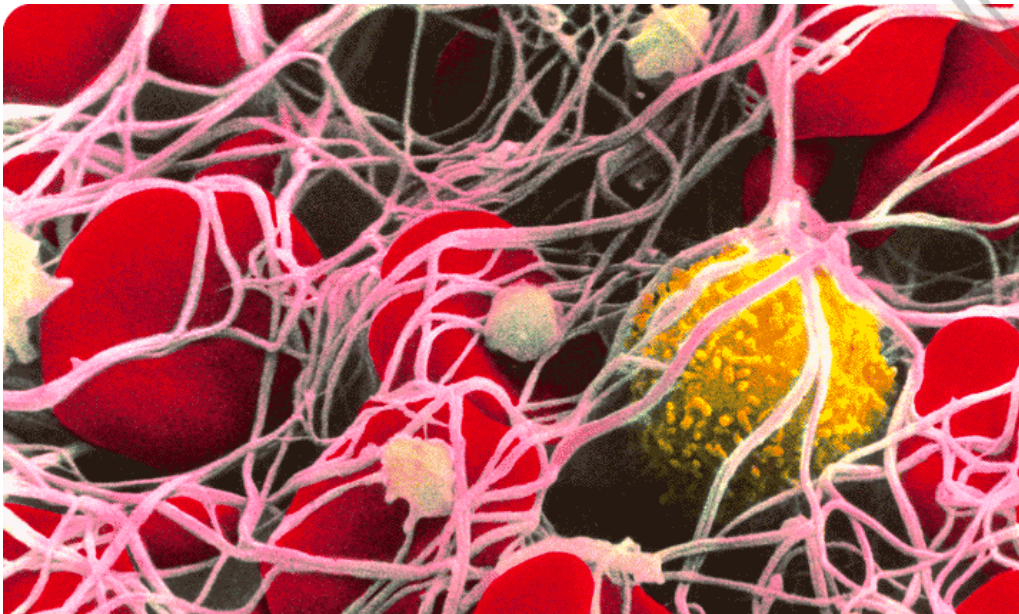
2. Sistem Imunitas Tubuh

Proses infeksi dan penyembuhannya dapat dilihat sebagai suatu pertempuran antara penyerang (jasad renik patogen) dan barisan pertahanan (tubuh). Tubuh makhluk hidup, termasuk manusia, telah dilengkapi dengan partahanan terhadap para penyerang. Hal demikian ini disebut sebagai pertahanan alami.

Pertahanan pertama terjadi pada bagian permukaan tubuh. Kulit dan lendir di beberapa bagian tubuh berperan sebagai pertahanan fisik pertama terhadap masuknya jasad renik patogen ke dalam tubuh. Begitu kulit terbuka karena terluka, darah dengan cepat membeku dan menahan masuknya jasad renik patogen ke dalam tubuh (Gambar 4.13).

Pada berbagai bagian permukaan tubuh (kulit, permukaan organ pencernaan, dan pernapasan) dipenuhi oleh komunitas jasad renik "baik". Kehadiran mereka membantu melindungi permukaan organ tubuh yang akan mengganggu secara fisik. Misal, tumbuhnya koloni jasad renik "jahat" yang akhirnya akan masuk ke dalam tubuh. Selain tempat, jasad renik "baik" juga menjadi saingan berat jasad renik "jahat" dalam memperoleh nutrisi. Jumlah jasad renik "baik" sangat banyak. Sebagai ilustrasi, jumlah jasad renik "baik" yang hidup di dalam lambung saja sebanyak sekitar 1 Kg.

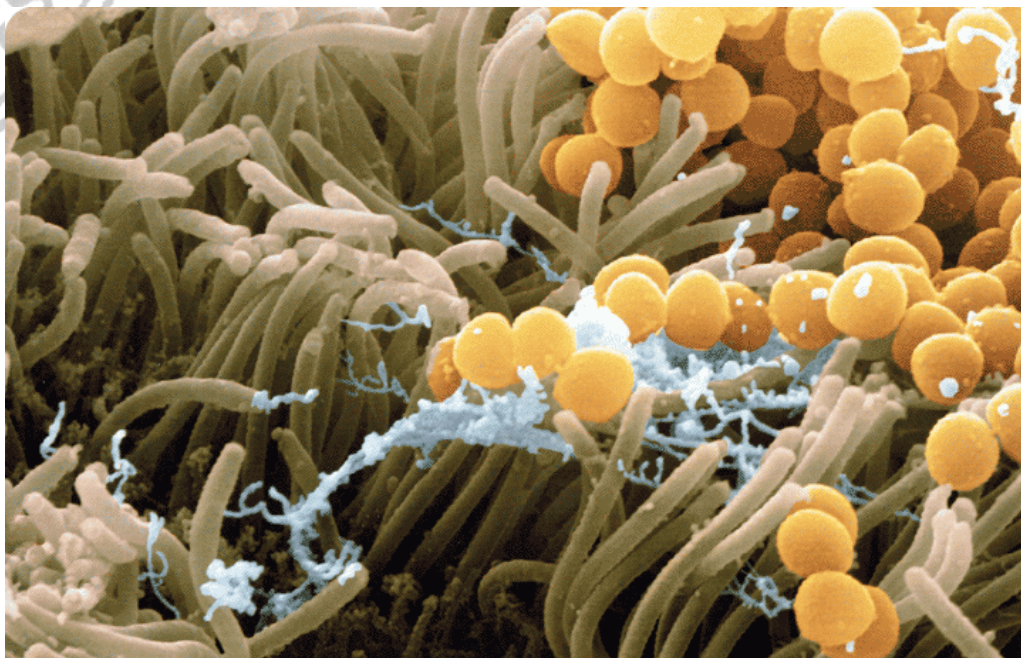
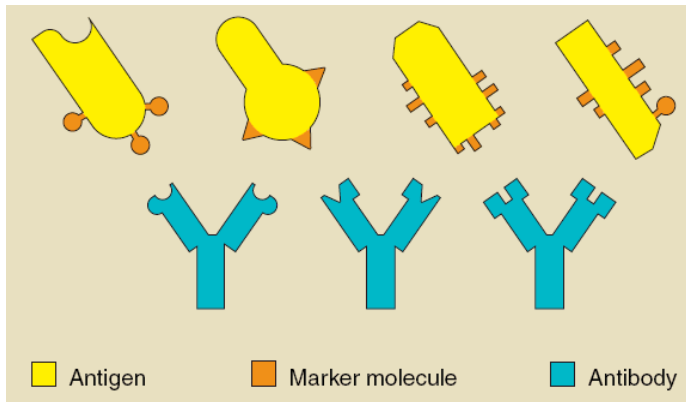
Di samping jasad renik "baik", permukaan organ tubuh juga menggunakan lendir sebagai alat pertahanan. Hal ini tampak pada saluran penapasan, di mana saluran dari hidung hingga paru-paru dilapisi oleh lendir yang bermanfaat untuk menjebak jasad renik "jahat" dan juga debu. Di samping itu, di kawasan ini juga terdapat bentukan rambut halus yang disebut *cilia*. Rambut halus ini berperan "menggiring" benda asing (jasad renik dan debu) ke arah tenggorokan. Gambar 4.14

Gambar 4.13
Jasad renik yang terperangkap oleh cairan darah yang membeku di permukaan luka. (microbiology.org.uk)

berikut ini memberi gambaran umum tentang sistem ini.

Kotoran dikeluarkan dengan cara batuk dan bersin, atau ditelan. Tubuh juga membentuk beberapa produk anti-jasad renik, seperti air ludah yang memecah jasad renik dalam usaha melindungi mulut, dan enzim dalam air mata yang melindungi organ mata.

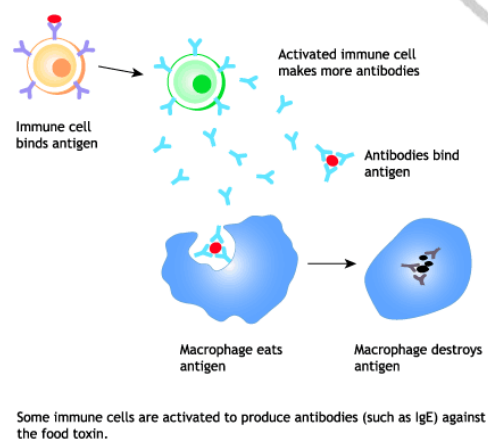
Saluran pencernaan memproduksi asam-asam pencernaan yang akan mencerna banyak dari jasad renik "jahat" yang masuk bersama makanan dan minuman. Air seni akan mengeluarkan jasad renik "jahat" yang ada di kandung kemih dan ginjal.

Apabila pertahanan tubuh pada tingkat pertama, sebagaimana telah diuraikan di atas, tidak dapat menahan serangan jasad renik "jahat", maka akan ada garis pertahanan kedua. Salah satunya adalah suatu proses yang disebut *phagocytosis*. *Phagocyte* adalah salah satu tipe sel darah putih yang melawan jasad renik "jahat" secara fisik. Ia adalah sel yang dapat berubah bentuk (tergantung keperluannya) dan bergerak seperti amoeba. Apabila ada benda asing, seperti sel jasad renik "jahat", maka *phagocyte* akan mengelilinginya dan "menelannya". Kemampuan *phagocyte* mengeluarkan enzim pencernaan membuat jasad renik "jahat" yang terperangkap akan dicerna sebelum mereka melakukan hal yang merugikan tubuh.

Gambar 4.14
Staphylococcus aureus (kuning) yang terperangkap lendir (biru) dan sedang "digiring" oleh cilia.
(microbiology.org.uk)

Gambar 4.15
Antigen yang memiliki "marker" tertentu yang akan ditangkap oleh antibodi yang sesuai. (web-books.com)

Pertahanan garis ketiga dan yang paling akhir adalah bergeraknya sistem imunitas tubuh. Jasad renik "jahat" atau patogen akan dianggap sebagai musuh berbahaya, sehingga sistem imunitas tubuh akan terangsang dan menanganinya. Penanganan dilakukan dengan mengeluarkan antibodi, suatu bahan yang digunakan untuk melawan antigen. Antigen adalah bahan protein yang melapisi bagian luar sel jasad renik "jahat" yang khas bagi jenis tersebut. Artinya, antigen tiap jenis sel patogen berbeda dari antigen sel patogen jenis lainnya. Antigen bakteri penyebab batuk, misalnya, berbeda dari antigen bakteri penyebab tuberculosis.

Tipe darah putih yang disebut *lymphocyte* (bukan *phagocyte* yang "menelan" jasad renik "jahat" secara fisik dalam pertahanan tubuh tingkat pertama seperti diuraikan sebelumnya) akan menciri antigen sebagai benda asing, dan akan memproduksi antibodi (yang selalu berbentuk huruf (Y) yang spesifik dan cocok untuk "mengunci" antigen tersebut. Mekanisme kerjanya secara sederhana dijelaskan pada Gambar 4.15.

Antigen akan dirusak sehingga jasad renik "jahat" menjadi tidak berdaya, dan selanjutnya "ditelan" oleh sel darah putih tipe *phagocyte*. Cara kerja sel darah putih *lymphocyte* yang menghasilkan antibodi dan kerja samanya dengan sel darah putih *phagocyte* dapat dilihat secara sederhana dalam Gambar 4.16.

Gambar 4.16
Sistem kerja pertahanan tubuh tingkat tiga. (mnm.ca)

Sel darah putih juga dapat memproduksi antiracun untuk melawan racun yang diproduksi beberapa jasad renik “jahat”. Tetanus, diphtheria, dan *scarlet fever* adalah beberapa penyakit yang disebabkan oleh racun yang dikeluarkan bakteri.

Sekali jasad renik “jahat” penyusup sudah hilang, maka sistem imunitas tubuh diturunkan kewaspadaannya. Apabila tubuh diserang oleh jasad renik “jahat” yang sama (artinya antigen yang sama), maka sistem akan “mengingat” nya, dan dengan segera memproduksi antibodi yang khusus untuk melawan antigen tersebut. Dari perilaku inilah para ahli kemudian menerapkan sistem vaksinasi dalam upaya menghidari penyakit.

Manusia sedikit demi sedikit mulai memanfaatkan dan “mengatur” jasad renik untuk kesejahteraannya. Pengetahuan mengenai sistem imunisasi dan pembuatan vaksin dalam rangka menyejahterakan kehidupan manusia terus diupayakan. Di masa lalu, secara tidak langsung, manusia juga sudah berusaha untuk mengendalikan jasad renik dalam proses pembusukan mayat manusia. Hal ini muncul saat manusia mengupayakan agar tetap awet fisik dan spiritualnya. Praktik mumifikasi mulai muncul saat contoh mumi yang terbentuk secara alami mulai dikenal orang. Proses dan uraian tentang mumifikasi, baik secara alami maupun menggunakan teknologi, diuraikan pada Boks IX. Di sini diuraikan upaya manusia melawan pembusukan mayat yang terutama dilakukan oleh jasad renik. Kaitan dengan perikehidupan beragama juga dibahas di boks tersebut. []

BOKS IX
JASAD YANG TIDAK MEMBUSUK PASCAKEMATIAN

Semua bentuk kehidupan yang berbasis karbon, apabila proses yang menyokong keberlangsungan kehidupannya berhenti, maka tubuhnya akan membusuk dan terurai. Semua bagian dan organ akan hancur menjadi debu dan didaur ulang, namun ada sejumlah kasus yang terdokumentasi di mana tubuh orang yang telah meninggal dan dikubur selama bertahun-tahun ditemukan tetap terawetkan secara misterius.

Kejadian demikian ini juga terekam dalam salah satu hadis Nabi yang menjawab pertanyaan sahabat tentang memperbanyak salawat pada hari Jumat, walaupun Nabi telah wafat, demikian:

إِنَّ مِنْ أَفْضَلِ أَيَّامِكُمْ يَوْمَ الْجُمُعَةِ، فِيْهِ خُلِقَ آدَمُ، وَفِيْهِ قُبِضَ، وَفِيْهِ النَّفْخَةُ، وَفِيْهِ الصَّعْقَةُ، فَأَكْثِرُوْا عَلَيَّ مِنَ الصَّلَاةِ فِيْهِ، فَإِنَّ صَلَاتَكُمْ مَعْرُوْضَةٌ عَلَيَّ. قَالَ: قَالُوْا: يَا رَسُوْلَ اللّٰهِ، وَكَيْفَ تُعْرَضُ صَلَاتُنَا عَلَيْكَ وَقَدْ أَرِمْتَ، يَقُوْلُوْنَ بَلِيْتَ؟ فَقَالَ: إِنَّ اللّٰهَ عَزَّ وَجَلَّ حَرَّمَ عَلَى الْأَرْضِ أَجْسَادَ الْأَنْبِيَاءِ. (رواه أبو داود عن أوس بن أوس)

"Sesungguhnya hari-harimu yang paling mulia adalah hari Jumat. Pada hari itu Adam diciptakan, padanya ia diwafatkan, padanya ditiup sangkakala (kiamat), dan padanya pula seluruh makhluk diwafatkan. Maka, perbanyaklah bersalawat kepadaku, karena ucapan salawat kalian itu akan disampaikan kepadaku." Para sahabat bertanya, "Wahai Rasulullah, bagaimana salawat kami sampai kepadamu, padahal engkau telah lenyap atau hancur?" Beliau menjawab, "Sesungguhnya Allah telah mengharamkan bumi untuk memakan jasad para Nabi." (Riwayat Abū Dāwud dari Aus bin Aus)

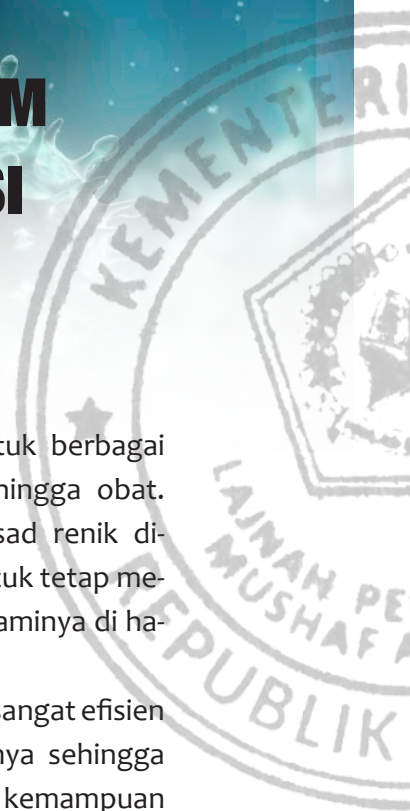
Uraian tentang proses pengawetan jenazah lebih lanjut diuraikan secara rinci pada Lampiran 10.

BAB V
PERAN JASAD RENIK DALAM PERTANIAN DAN PRODUKSI PANGAN OLAHAN

Manusia memiliki sejarah panjang dalam menggunakan jasad renik dalam bidang pertanian dan produksi makanan. Catatan pada batu prasasti Sumeria dari abad ke-19 Sebelum Masehi (SM) menunjukkan resep pembuatan minuman beralkohol bir dengan memanfaatkan kemampuan fermentasi jamur renik khamir. Jasad renik juga dikenal masyarakat kuno memiliki peran yang penting pada produk makanan lain seperti yoghurt, keju, minuman anggur, roti, vitamin, dan banyak lagi.

Usaha manusia di sini hanya sampai pada memberi media yang tepat untuk hidup jasad renik. Proses selanjutnya adalah kerja jasad renik untuk menghasilkan produk, yang dapat dimanfaatkan manusia untuk berbagai maksud, dari makanan hingga obat. Dalam banyak kasus, jasad renik diarahkan oleh manusia untuk tetap melakukan perikehidupan alaminya di habitat aslinya.

Jasad renik dikenal sangat efisien dalam melakukan tugasnya sehingga manusia memanfaatkan kemampuan tersebut dalam aplikasi di berbagai sektor industri. Jasad renik perombak sibuk melakukan "tugasnya" pada kolam-kolam instalasi pengolahan air buangan pabrik, pada fasilitas-fasilitas pembuatan kompos, atau dalam usaha reklamasi lahan bekas penambangan. Organisme ini memecah serasah dan material sampah menjadi kompos alias pupuk organik yang dapat digu-

nakan dalam usaha pertanian tanaman pangan. Beberapa industri memanfaatkan gas metana yang timbul dalam proses dekomposisi, dan menggunakannya dalam pembuatan etanol sebagai bahan bakar untuk mobil atau untuk menghasilkan listrik.

Dalam usaha menyejahterakan manusia, para peneliti telah melakukan rekayasa genetika, termasuk pada jasad renik. Dalam usaha memperoleh obat insulin, manusia telah memasukkan gen penghasil insulin pada manusia pada rangkaian DNA jasad renik. Dengan demikian, jasad renik akan memproduksi insulin, yang selanjutnya digunakan manusia. Di samping itu, para peneliti juga melakukan hal yang sebaliknya, yaitu menggunakan DNA jasad renik untuk merekayasa organisme lain. Di antaranya adalah dalam usaha memperoleh tanaman pangan yang tahan hama dan penyakit. Proses ini banyak dikenal dengan istilah GMO (*Genetically Modified Organisms*). Caranya adalah dengan memasukan gen jasad renik penghasil produk yang tidak disukai atau menghambat/membunuh hama atau penyakit tanaman pangan tertentu ke dalam rangkaian DNA tanaman. Dengan demikian, tanaman akan memproduksi zat anti hama atau penyakit tertentu, sehingga tanaman akan resisten terhadap serangga atau virus penyakit tertentu.

Dalam hal penyediaan dan penyerapan unsur hara bagi tumbuhan, diperlukan bantuan dari jasad renik untuk menyediakan tiga unsur hara (nitrogen, fosfat, dan kalium; dikenal sebagai NPK), yang siap diserap tumbuhan. Jasad renik juga dapat berperan sebagai pengendali hama dan penyakit tumbuhan, atau biasa disebut sebagai agen biokontrol. Dalam bidang peternakan dan perikanan, peran jasad renik juga tidak kecil. Sebagaimana di tempat lain, perannya dapat bersifat positif maupun negatif.

A. JASAD RENIK PERTANIAN

Untuk menopang hidupnya, tumbuhan sangat memerlukan unsur hara NPK (Nitrogen, Fosfat, dan Kalium). Unsur ini banyak terdapat di tanah tempatnya tumbuh, namun banyak di antara unsur-unsur tersebut tidak dapat diserap langsung oleh tumbuhan, seperti unsur hara yang berupa nitrogen (N).

Unsur nitrogen banyak terdapat di udara dan tanah. Diperkirakan jumlahnya di udara tidak kurang dari 70%. Namun nitrogen ini tidak dapat dimanfaatkan langsung oleh tumbuhan. Harus ada proses penambatan dan perubahan bentuk. Di sinilah peran yang diambil oleh jasad renik.

Bantuan jasad renik juga diperlukan dalam penyerapan unsur hara

fosfat (P) dan kalium (K). Fosfat dan kalium yang cukup tinggi di tanah, sangat kuat terikat pada mineral tanah liat. Agar dapat diserap tumbuhan, maka diperlukan jasad renik yang melarutkan dan melepaskan unsur hara tersebut dari ikatan mineral tanah liat.

Jasad renik yang dapat berperan seperti itu antara lain kelompok jamur renik yang dikenal dengan nama Mikoriza. Mikoriza adalah kelompok jamur renik yang bersimbiosis dengan bagian akar tumbuhan tingkat tinggi (Gambar 5.1)

Kerja sama antara mikoriza dengan tumbuhan bersifat saling menguntungkan. Mikoriza akan mendapat akses langsung terhadap karbohidrat, seperti glukosa dan sukrosa, yang tersedia dalam tumbuhan. Unsur hara karbohidrat ini adalah hasil fotosintesis yang terjadi di daun dan disalurkan ke seluruh bagian tumbuhan, termasuk akar, yang selanjutnya diserap oleh mikoriza. Sebagai "imbalan", mikoriza memberi "layanan" dalam banyak hal yang bermanfaat bagi tumbuhan inang, di antaranya meningkatkan penyerapan unsur-unsur NPK, memperluas jangkauan akar dengan hifa untuk memperoleh mineral dan nutrisi, dan banyak lagi.

Banyak di antara jenis tumbuhan yang sepenuhnya menggantungkan hidupnya kepada kehadiran mikoriza. Hanya sedikit kelompok tumbuhan yang tidak menjadi simbion dari mikoriza.

Gambar 5.1
Penampakan jamur renik mikoriza pada akar dan jamur pembentuk mikoriza dari kelompok Phycomices.
(mundirun.wordpress.com; id.prmob.net)

Mikoriza dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan cara ia menginfeksi, yaitu ektomikoriza dan endomikoriza:

1. **Ektomikoriza;** menginfeksi permukaan luar tanaman dan di antara sel-sel di ujung akar. Akibatnya, akan terlihat jalinan miselia berwarna putih pada bagian rambut-rambut akar. Tumbuhan inangnya umumnya berupa tumbuhan tahunan atau pohon. Beberapa di antaranya merupakan komoditas kehutanan dan pertanian seperti sengon, jati, serta beberapa tanaman buah seperti mangga, rambutan, dan jeruk.
2. **Endomikoriza;** menginfeksi bagian dalam akar dan di antara sel-sel ujung akar. Hifa akan masuk ke dalam sel atau mengisi ruang-ruang antar-sel akar. Jenis mikoriza ini banyak ditemukan pada tumbuhan semusim yang merupakan komoditas pertanian penting, seperti kacang-kacangan, padi, jagung, beberapa jenis sayuran dan tanaman hias. Berdasarkan tipe infeksinya, dikenal tiga kelompok endomikoriza, yaitu *ericoid mycoorhizae*, *orchid mycoorhizae* yang umum ditemukan pada tanaman anggrek, dan *mikoriza vesikula arbuskula* (MVA) yang dikenali dengan membentuk bintil akar pada tumbuhan inang.

MVA dan ektomikoriza sangat berguna bagi usaha pertanian dan kehutanan. MVA banyak membawa keuntungan bagi tumbuhan inangnya, di antaranya:

1. Organisme memperbaiki hasil tumbuhan dan mengurangi masukan pupuk pada tanaman pertanian. Ini terjadi karena MVA meningkatkan ketersediaan beberapa hara di tanah yang diperlukan tanaman, terutama fosfat. Peningkatan penyerapan fosfat diiringi dengan peningkatan penyerapan hara lain, seperti N, seng (Zn), tembaga (Cu), dan belerang (S).
2. MVA memperluas ruang tanah yang dapat dijangkau oleh tanaman inang. Pada bawang merah, misalnya, panjang hifa eksternal dapat mencapai 80 cm per satu cm panjang akar. Tanaman jeruk dikenal responsif terhadap inokulasi MVA. Inokulasi ini dapat mengarah pada menurunnya penggunaan pupuk P.
3. MVA meningkatkan toleransi tumbuhan terhadap kurangnya pasokan air. Luasnya jaringan hifa di tanah membantu akar memperluas kawasan penyerapan air.
4. MVA memengaruhi ketahanan tumbuhan inang terhadap serangan penyakit. MVA, tergantung pada jenisnya, dapat mengurangi penga-

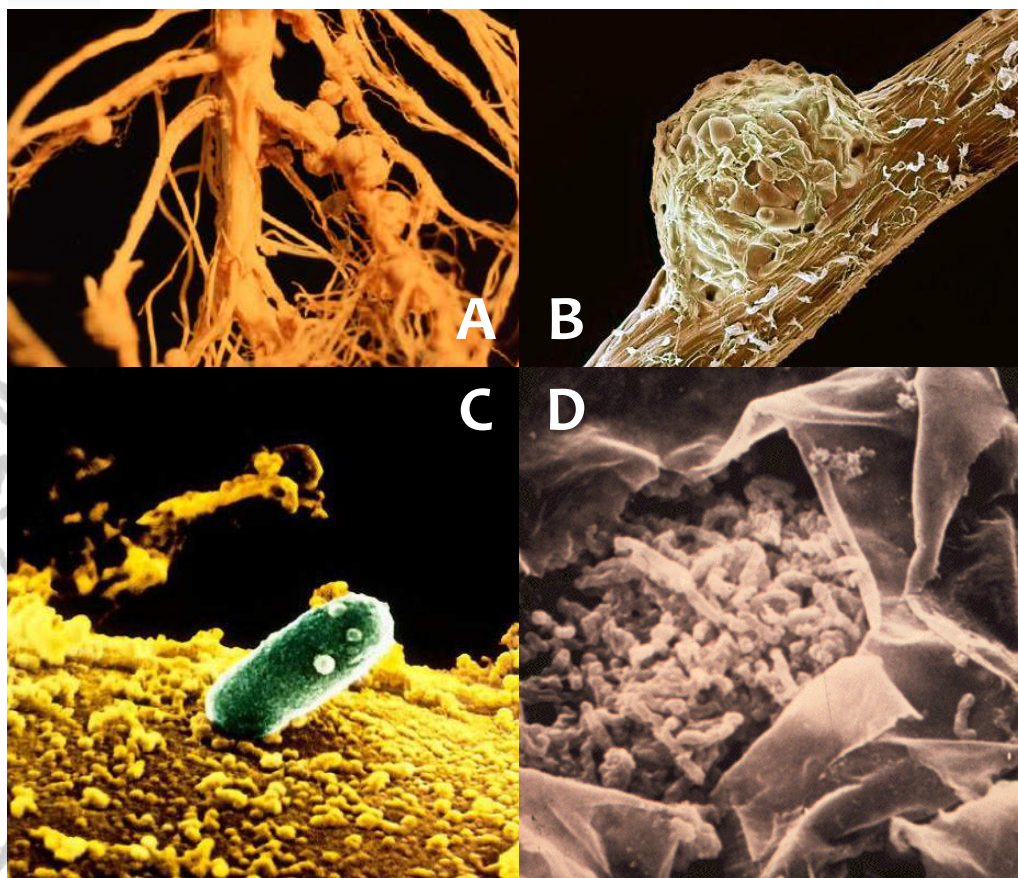
ruh serangan jamur patogen dan cacing nematoda. Meski demikian, MVA pun memberi pengaruh negatif. Tumbuhan yang terinfeksi MVA akan menurun ketahanannya terhadap serangan virus.

Pada Gambar 5.2 dapat dilihat bagaimana hifa menyelimuti akar dan menjalur ke tanah di sekitarnya. Dengan cara demikian, jangkauan penyerapan mineral dan nutrisi bertambah luas dibandingkan apabila hanya akar yang melakukannya.

Manfaat mikoriza MVA dalam ekosistem alami juga sangat penting. Di antaranya, berperan dalam siklus hara, memperbaiki struktur tanah dan menyalurkan karbohidrat dari akar tanaman ke organisme tanah yang lain.

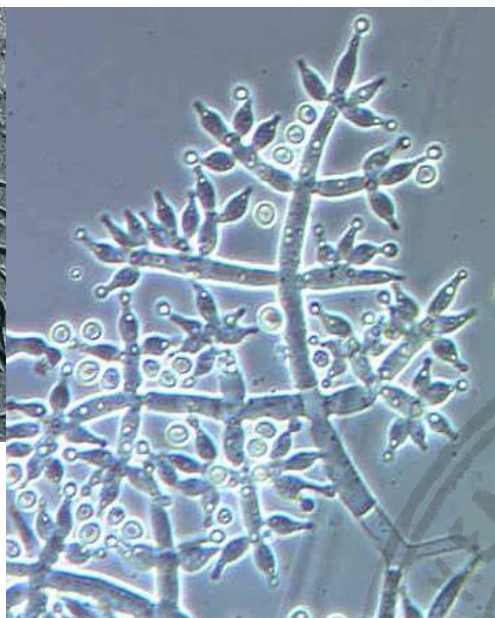
Di samping kerja sama saling menguntungkan di antara jenis-jenis tumbuhan dan jamur renik, sebagaimana telah diuraikan di atas, banyak bakteri juga bekerja sama dengan tumbuhan. Di antaranya adalah jenis-jenis dari kelompok marga *Rhizobium*. *Rhizobium* adalah bakteri yang hidup di tanah dan mempunyai kemampuan untuk menangkap nitrogen bebas di udara. Organisme ini bekerja sama saling menguntungkan dengan bagian akar tumbuhan kacang-kacangan dalam bentuk endosimbiotik. Bintil akar yang menjadi tempat tinggal bakteri akan terbentuk, dan dari sinilah bakteri *Rhizobium* akan menangkap nitrogen bebas.

Dalam bintil akar, bakteri (Gambar 5.3) akan mengubah nitrogen di udara menjadi amonia, yang selanjutnya menyediakan senyawa organik berbasis nitrogen (*organic nitrogenous compounds*), seperti glutamin atau

Gambar 5.2
Gambaran tentang hifa yang menyelimuti akar dan melebar ke tanah di sekitarnya.
(en.wikipedia.org; sdhydroponics.com)

Gambar 5.3
Pada gambar A dan B terlihat bintil akar yang terdapat pada akar. Pada gambar C terlihat tampilan bakteri Rhizobium yang hidup berkelompok. (doeaccimphal.org.in; visualphotos.com; visualphotos.com; filebox.vt.edu)

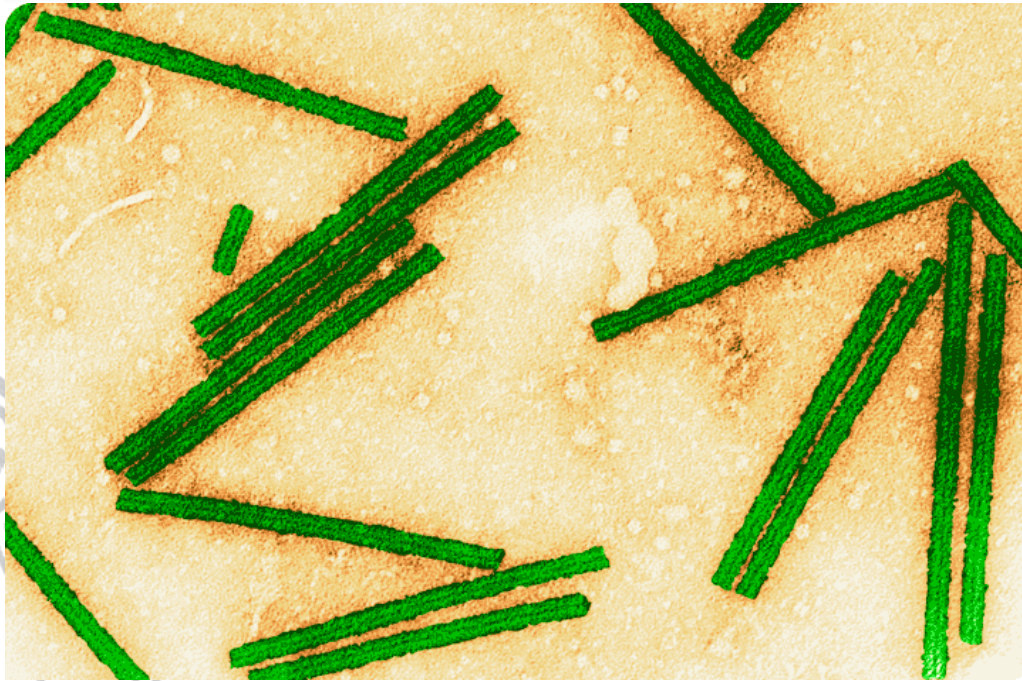
ureides untuk diserap tumbuhan. Senyawa ini adalah suatu pupuk alami dari tumbuhan. Dalam bidang pertanian, kondisi seperti ini sangat penting, karena para petani dalam usaha meningkatkan produktivitasnya tidak perlu menambahkan pupuk. Sebagai balasannya, tumbuhan akan menyediakan senyawa organik hasil fotosintesis untuk makanan bakteri.

Kerja sama antarorganisme yang unik ini diciri pertama kali oleh Beijerinck, seorang peneliti Belanda, pada 1888. Untuk penggunaan praktisnya di bidang pertanian, digunakan klasifikasi Rhizobium yang sederhana. Diasumsikan bahwa semua individu bakteri yang dapat membentuk bintil akar pada jenis tumbuhan kacang-kacangan yang spesifik, dianggap sebagai satu jenis yang sama.

Jasad renik menguntungkan bukan saja dalam bentuk kerja sama berbagi makanan. Banyak jasad renik da-

Gambar 5.4
Bakteri Bacillus thuringensis israelensis dan jamur renik Trichoderma harzianum.
(home.comcast.net; en.wikipedia.org)

pat berperan sebagai pengendali hama dan penyakit tumbuhan, atau biasa disebut sebagai agen biokontrol. Jasad renik yang menyerang dan membunuh serangga hama, antara lain *Bacillus thuringensis* (Gambar 5.4), *Bauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus,* dan *Metharizium anisopliae*. Sedangkan jamur renik *Trichoderma* (Gambar 5.4) diketahui dapat mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh jamur *Ganoderma* dan *Phytoptora*.

Selain yang menguntungkan, banyak pula jenis jasad renik yang menjadi hama dan penyakit tumbuhan. Beberapa jenis bakteri yang menyebabkan penyakit pada tumbuhan adalah *Xanthomonas citri* (penyebab penyakit pada batang tanaman jeruk), *Agrobakterium tumefaciens* (penyebab penyakit pada batang tanaman kopi), dan *Erwina trachephila* (penyebab busuk daun pada tanaman labu). Banyak tanaman budidaya yang tidak dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik akibat serangan virus, di antaranya virus mozoik atau *Tobacco Mozaic Virus* (Gambar 5.5) yang menyebabkan penyakit pada daun tanaman tembakau dan virus tungro yang menyerang tanaman padi.

Dalam bidang peternakan, jasad renik juga banyak berperan. Di antaranya adalah peran jasad renik di dalam saluran pencernaan hewan ternak ruminansia, seperti sapi, kerbau dan lainnya. Peran jasad renik dalam proses penyerapan zat-zat makanan di dalam tubuh hewan merupakan faktor yang sangat penting dalam usaha

Gambar 5.5
Virus mozoik atau Tobacco Mozaic Virus. (microbiologyonline.org.uk)

mencukupi kebutuhan zat-zat makanan banyak hewan. Sebagai contoh, dapat dikemukakan peran jasad renik penghuni rumen hewan-hewan ruminansia. Rumen adalah bagian besar dari organ pencernaan hewan ruminansia (a.l. sapi) yang bernama reticulorumen, yang merupakan kantong pertama dari saluran pencernaan. Bagian ini adalah tempat utama untuk terjadinya fermentasi bahan pakan oleh jasad renik. Di dalam rumen terdapat populasi jasad renik yang cukup banyak jumlahnya. Jasad renik di sini terutama adalah jenis-jenis bakteri, protozoa, dan jamur renik. Kehadiran jamur renik di dalam rumen diakui sangat bermanfaat bagi pencernaan pakan serat. Organisme jamur renik akan membentuk koloni pada jaringan selulosa pakan, dan rizoid jamur akan tumbuh jauh menembus dinding sel tanaman. Dengan demikian, pakan serat akan lebih terbuka untuk dicerna oleh enzim yang dihasilkan oleh bakteri rumen.

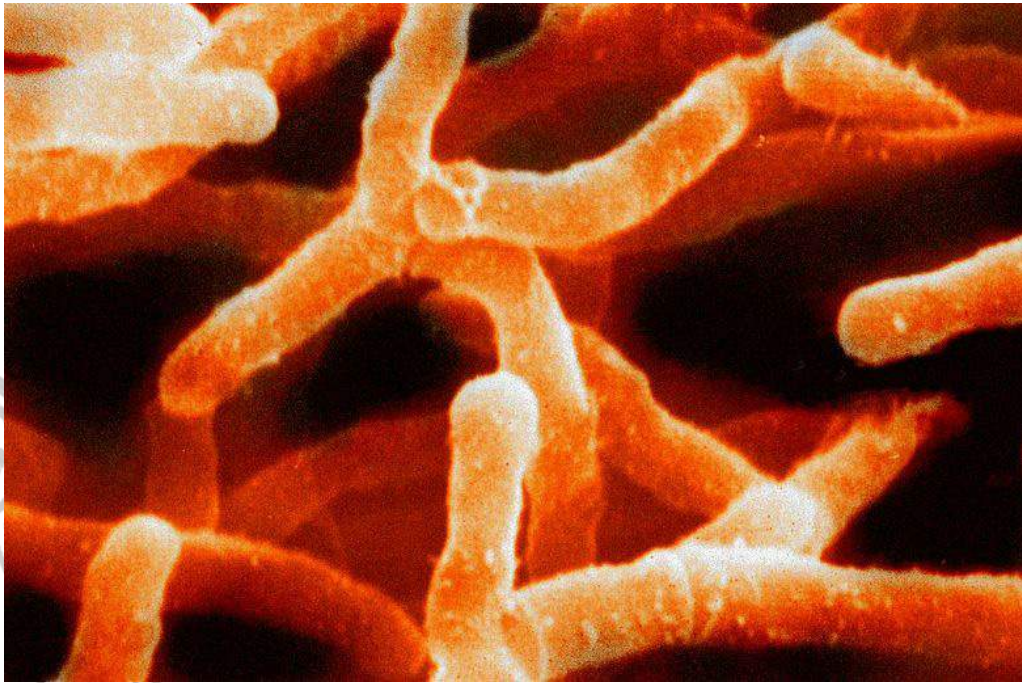
Beberapa jenis bakteri yang hidup di rumen adalah bakteri pencerna selulosa seperti *Bakteroides succinogenes, Ruminococcus flavafaciens, Ruminococcus albus* (Gambar 5.6), dan *Butyrifibrio fibrisolvens,* sedang bakteri pencerna hemiselulosa, antara lain, *Butyrivibrio fibrisolvens, Bakteroides ruminocola,* dan *Ruminococcus sp*; bakteri

Gambar 5.6
Bakteri Ruminococcus albus. (oardc.ohio-state.edu)

Gambar 5.7
Bakteri Pasteurella mulpocida. (ytpo.net)

pencerna pati, antara lain, *Bakteroides ammylophilus, Streptococcus bovis,* dan *Succinnimonas amylolytica*; bakteri pencerna gula, termasuk *Triponema bryantii, Lactobasilus ruminus*; bakteri pencerna protein, antara lain, *Clostridium sporogenus* dan *Bacillus licheniformis*.

Sebagaimana pada tumbuhan, di samping memiliki sifat yang menguntungkan bagi hewan ternak, jasad renik juga menimbulkan masalah dan kerugian terhadap bidang peternakan. Salah satunya adalah jasad renik yang menimbulkan penyakit pada hewan ternak. Beberapa bakteri yang menyebabkan penyakit pada hewan ternak di antaranya adalah bakteri *Bacillus anthrakschis* yang menyebabkan penyakit antraks; *Pasteurella mulpocida* (Gambar 5.7) penyebab penyakit *septicaemia haemorrhagica* atau penyakit ngorok; *Haemophilus equigenitalis* dikenal sebagai penyebab panyakit *contigious equine metritis* (CEM) pada kuda dan *Malleomyces mallei* penyebab penyakit *malleus* pada kuda, kelinci, dan marmut; *Mycobacterium tubercolosis* dikenal sebagai penyebab penyakit TBC pada ternak dan hewan peliharaan; *Brucella abortus* penyebab abortus pada ternak; dan kelompok *Clostridium* penghasil racun (a.l. *Closteredium botulium*) dan perusak jaringan (*Closteredium perfingers, Closteredium haemolyticum, Closteredium novyi, Closteredium chauvoei,* dan *Closterdiem septicum*).

Beberapa jamur-renik juga menyebabkan sejumlah penyakit pada ternak, seperti *Actinomyces* (Gambar 5.8). *Actinomyces bovis* dapat menye-

Gambar 5.8
Jamur renik Actinomyces. (en.wikipedia.org)

babkan bengkak pada rahang sapi. Jamur renik lainnya adalah *Aspergillus sp.* penyebab penyakit *aspergillus* pada unggas dan mamalia, serta *Crytococus neoformans* penyebab penyakit *kriptokokkosis* pada kambing. Mikotoksin adalah racun yang dihasilkan oleh jamur dan dapat mengganggu kesehatan hewan ternak. Cukup banyak toksin yang dihasilkan oleh jamur, beberapa di antaranya adalah stergmatosistin, asam penisilat, trikotesena, gliseofulvin, luteoskirin, aflatoksin, patulin, dan asam penisilat.

Virus juga banyak menyebabkan penyakit pada hewan, misalnya Foot and Mouth Desease. Penyakit ini menyerang kuku dan mulut hewan ternak, seperti sapi, kuda, kerbau, dan domba; Orf (dematisis akut) pada kambing dan domba. Penyebabnya adalah *virus* Parapox (Gambar 5.9). Penyakit akibat virus lainnya adalah Sin Coryza Ganggraenosa (penyakit ingusan) yang terjadi pada kerbau dan sapi, dan Newcastle Desease, suatu penyakit saraf yang menyerang ternak unggas.

Gambar 5.9
Virus Parapox.
(corbisimages.com)

Dalam bidang pertanian, banyak jasad renik yang digunakan dalam memproduksi sesuatu guna memperoleh tanaman pertanian dengan kualitas tertentu. Misalnya saja produk asam gibarelat dari jenis jasad renik *Gibberella fujikuroi* yang digunakan dalam membuat hormon untuk tumbuhan dan induksi pembentukan buah tanpa biji.

Usaha perikanan juga tidak lepas dari jasad renik. Beberapa jenis jasad renik yang hidup di organ ikan dan dapat dipindahkan dan menjadi penyakit pada manusia antara lain:

1. *Aeromonas salmonicida* dapat menyebabkan beberapa penyakit pada ikan, terutama pada saluran pencernaan. Demikian pula beberapa jenis *Aeromonas* lainnya, seperti *A. hydrophila, A. formicans, A. liquefaciens,* dan *A. hydrophila.*
2. *Yersinia ruckeri* penyebab penyakit ikan Blood Spot Desease atau Yersiniosis
3. Enteric Septicemia of Catfish (ESC) adalah penyakit terpenting pada ikan lele disebabkan oleh beberapa jenis bakteri.
4. *Renibacterium salmoninarum* adalah penyebab penyakit Bacterial Kidney Desease (BKD) pada ikan salmon.
5. Bakteri *Flexibacter columnaris* adalah penyebab penyakit pada bagian sisik dan insang ikan. Demikian pula *Flexibacter psychrophilia*, *Cytophaga*, dan *Flavobacterium branchiophila.*

B. JASAD RENIK DALAM PRODUKSI MAKANAN DAN MINUMAN OLAHAN

Beberapa bahan makanan dikonsumsi secara segar, namun ada pula yang diolah menjadi sesuatu yang mungkin saja berbeda dari yang segar, dan telah diawetkan. Usaha demikian ini tidak saja memudahkan hidup manusia (diawetkan dan memperoleh rasa yang diinginkan), namun ternyata banyak yang meningkatkan kesehatan seseorang yang mengonsumsinya. Meski demikian, banyak pula yang harus diwaspadai karena potensinya untuk menurunkan kesehatan, baik fisik maupun mental.

Salah satu makanan produk hasil fermentasi jasad renik disebutkan sebagai makanan yang baik oleh Nabi Muhammad adalah asinan. Dalam sebuah riwayat disebutkan,

عَنْ جَابِرِ بْنِ عَبْدِ اللهِ اَنَّهُ يَقُوْلُ: أَخَذَ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ بِيَدِيْ ذَاتَ يَوْمٍ إِلَى مَنْزِلِهِ، فَأَخْرَجَ إِلَيْهِ فِلَقًا مِنْ خُبْزٍ فَقَالَ: مَا مِنْ أُدُمٍ؟ فَقَالُوْا: لَا، إِلَّا شَيْءٌ مِنْ

خَلٍّ. قَالَ: فَإِنَّ الْخَلَّ نِعْمَ الْأُدُمُ. قَالَ جَابِرٌ: فَمَا زِلْتُ أُحِبُّ الْخَلَّ مُنْذُ سَمِعْتُهَا مِنْ نَبِيِّ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ. (رواه مسلم)

Jābir bin 'Abdullāh bercerita, "Suatu hari Nabi mengajakku ke kediaman beliau. Beliau menawariku beberapa potong roti sambil bertanya, 'Apakah ada sesuatu untuk teman makan roti?' Mereka menjawab, 'Tidak. Hanya ada asinan.' Beliau menjawab, 'Asinan adalah teman makan roti yang baik.'"Jabir melanjutkan, "Aku suka asinan sejak saat itu." (Riwayat Muslim)

Asinan dibuat dengan cara fermentasi dari jus buah-buahan manis seperti apel atau anggur, dan jelai. Fermentasi asinan dilakukan secara aerobik (pada udara terbuka di mana oksigen hadir). Berbeda halnya dengan fermentasi alkohol yang menginginkan kondisi anaerobik dan tertutup (tidak ada oksigen). Dalam fermentasi terbuka tidak akan terbentuk alkohol, karena alkohol yang terbentuk akan segera diubah menjadi cuka atau asam asetat oleh jasad renik *Acetobacter*. Asinan hanya mengandung sekitar 4% asam asetat. Warna asinan dan rasanya tergantung dari bahan dasarnya.

Asinan atau cuka hanya mengandung sedikit protein dan pati. Dalam 100 gram asinan ditemui hanya sekitar 16 kalori dan banyak kandungan mineral, namun tidak ada vitamin di dalamnya. Ibnu Sina menulis bahwa asinan atau cuka ini merupakan bahan yang baik untuk menghentikan aliran darah dan bengkak pada luka, atau untuk kompres bagi orang yang terserang demam. Cuka juga bisa dipakai untuk meningkatkan nafsu makan, menyehatkan pencernaan, dan menguatkan gusi.

Perlu diketahui bahwa ada produk dari hasil olahan yang dilarang untuk dikonsumsi, seperti minuman beralkohol atau khamar. Minuman beralkohol adalah minuman yang mengandung etanol (C_2H_5OH). Etanol ini hanya dapat diproduksi melalui proses fermentasi, suatu proses metabolisme karbohidrat oleh ragi jenis tertentu di bawah kondisi anaerob (tidak ada oksigen di lingkungan tersebut) atau di bawah kondisi oksigen yang sangat rendah. Saat ragi melakukan respirasi, maka akan diproduksi etanol (alkohol) dan karbondioksida. Rumusnya adalah: glukosa = CO_2 + etanol + energi.

Allah menegaskan bahwa minuman keras, judi, menyembah dan memberi sesajian kepada berhala, dan mengundi nasib adalah hal-hal yang sangat diharamkan. Allah berfirman dalam Surah al-Mā'idah/5: 90–91,

يٰٓاَيُّهَا الَّذِيْنَ اٰمَنُوْٓا اِنَّمَا الْخَمْرُ وَالْمَيْسِرُ وَالْاَنْصَابُ وَالْاَزْلَامُ رِجْسٌ مِّنْ عَمَلِ الشَّيْطٰنِ فَاجْتَنِبُوْهُ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُوْنَ ۝٩٠ اِنَّمَا يُرِيْدُ الشَّيْطٰنُ اَنْ يُّوْقِعَ بَيْنَكُمُ

الْعَدَاوَةَ وَالْبَغْضَاۤءَ فِى الْخَمْرِ وَالْمَيْسِرِ وَيَصُدَّكُمْ عَنْ ذِكْرِ اللّٰهِ وَعَنِ الصَّلٰوةِ فَهَلْ اَنْتُمْ مُّنْتَهُوْنَ ﴿٩١﴾

Wahai orang-orang yang beriman! Sesungguhnya minuman keras, berjudi, (berkurban untuk) berhala, dan mengundi nasib dengan anak panah, adalah perbuatan keji dan termasuk perbuatan setan. Maka jauhilah (perbuatan-perbuatan) itu agar kamu beruntung. Dengan minuman keras dan judi itu, setan hanyalah bermaksud menimbulkan permusuhan dan kebencian di antara kamu, dan menghalang-halangi kamu dari mengingat Allah dan melaksanakan salat maka tidakkah kamu mau berhenti? (al-Mā'idah/5: 90–91)

Ayat ini menjadi akhir dari rangkaian ayat-ayat yang secara bertahap melarang khamar, yakni Surah an-Naḥl/16: 67, al-Baqarah/2: 219, dan an-Nisā'/4: 43. Ayat-ayat di atas juga ditegaskan dalam hadis berikut.

كُلُّ مُسْكِرٍ خَمْرٌ وَكُلُّ مُسْكِرٍ حَرَامٌ، وَمَنْ شَرِبَ الْخَمْرَ فِي الدُّنْيَا فَمَاتَ وَهُوَ يُدْمِنُهَا لَمْ يَتُبْ لَمْ يَشْرَبْهَا فِي الْآخِرَةِ. (رواه مسلم عن ابن عمر)

Setiap yang memabukan adalah khamar dan setiap yang memabukan adalah haram. Siapa yang minum khamar di dunia hingga kecanduan lalu meninggal sebelum bertobat, maka di akhirat dia tidak akan bisa meminumnya. (Riwayat Muslim dari Ibnu 'Umar)

Khamar menurut istilah syariat adalah segala sesuatu yang dapat memabukkan, tanpa membedakan bentuknya (padat, cair, makanan, minuman) dan tanpa memandang bahannya (biji-bijian, anggur, kurma, gandum, susu, jagung, dan lainnya) dan bagaimana ia dikonsumsi (diminum, dimakan, dihirup, atau disuntikkan).

Rasulullah bersabda tentang bahan-bahan untuk pembuatan khamar,

إِنَّ الْخَمْرَ مِنَ الْعَصِيْرِ وَالزَّبِيْبِ وَالتَّمْرِ وَالْحِنْطَةِ وَالشَّعِيْرِ وَالذُّرَةِ، وَإِنِّيْ أَنْهَاكُمْ عَنْ كُلِّ مُسْكِرٍ. (رواه أبو داود عن النعمان بن بشير)

Sesungguhnya khamar itu bisa saja berasal dari perasan (anggur), zabib (anggur kering), kurma, ḥinṭah (gandum yang dihaluskan), sya'īr (gandum yang belum dihaluskan), dan żurrah (jagung); dan aku melarang kalian dari segala yang memabukkan. (Riwayat Abū Dāwūd dari an-Nu'mān bin Basyīr)

Proses fermentasi gula oleh ragi adalah aplikasi teknologi pangan paling tua dan paling banyak dilakukan oleh manusia. Banyak jenis ragi yang manusia gunakan untuk makanan dan minuman hasil olahan, seperti produksi roti, dan fermentasi dalam pembuatan minuman beralkohol, seperti bir, anggur, dan sebagainya.

Produk makanan atau minuman olahan bermacam-macam. Berikut ini adalah beberapa di antaranya.

1. Produk Berbahan Dasar Susu

a. Yoghurt

Konsorsium beberapa jenis bakteri, di antaranya bakteri *Lactobacillus*, ditambahkan ke cairan susu untuk menghasilkan yoghurt. Bakteri akan memakan gula laktosa yang ada pada susu dan memproduksi asam laktat. Asam ini menyebabkan susu akan berasa sedikit asam dan menggumpal membentuk yoghurt. Rumusnya adalah: Laktosa (gula di dalam susu) = asam laktat + energi.

Kondisi asam (pH 3,7–4,3) membuat protein dalam susu bergumpal. Itulah yang menyebabkan kondisi yoghurt agak kental. Bahan kimia lain yang diproduksi dari pertumbuhan bakteri ini antara lain etanol yang berkontribusi terhadap rasa.

Apabila yoghurt ditaruh di tempat dingin, pertumbuhan bakteri mengurang, dan yoghurt kuat untuk disimpan selama 10 hari pada suhu 5°C. Jumlah rerata bakteri adalah 10^8 per gram yoghurt. Apabila dibiarkan dalam waktu cukup lama, asam yang terus diproduksi bakteri akan membunuh sendiri organisme ini, dan menyebabkan susu menggumpal dan bagian cair susu akan mengental dan sangat asam.

b. Susu Acidophilus

Minuman ini diproduksi dengan menambahkan *Lactobacillus acidophilus* ke cairan susu rendah lemak di bawah kondisi tertentu.

c. Mentega

Mentega dibuat dari krim susu yang telah dipasteurisasi di mana asam laktat sebagai starter ditambahkan ke dalamnya. Bakteri *Streptococcus cremoris* dan *Lactobacillus diacetylactis* ditambahkan untuk memberikan bau yang khas.

d. Keju

Keju dibuat dari susu yang difermentasi oleh asam laktat. Bakteri *Lactococcus lactis* dan *Leuconostoc cremoris* umumnya digunakan dalam pembuatan keju. Beberapa jenis keju dimatangkan dengan enzim yang diproduksi bakteri. Enzim ditambahkan ke dalam susu hangat, dan "kepala susu" (bagian kental dari susu) akan memisah dan mengental, lebih kental dari yoghurt. Bagian yang mengental ini dipisahkan dari bagian susu yang cair.

e. Kefir

Kefir adalah minuman yang disukai di kawasan Kaukasia. Proses pembuatannya dilakukan dengan proses fermentasi susu (sapi, kambing, atau domba) oleh ragi dan bakteri. Pembuatannya dilakukan dengan memasukkan bubuk ragi kefir ke dalam susu. Ragi ini terdiri atas banyak jenis *Lac-*

tobacillus (antara lain *L. brevis, L. helveticus, L. kefir*, dan banyak lagi), *Escherichia coli*, dan berbagai marga jasad renik lain, seperti jenis-jenis dari marga *Streptococcus, Enterococci, Leunostocs, Acetobacter, Kluyveromyes*, dan *Pichia*. Secara tradisional, campuran susu dan ragi kefir dimasukkan ke kantong dari kulit hewan. Kantong ini ditaruh di depan pintu. Karenanya, pengadukan minuman kefir selalu terjadi akibat adanya sentuhan-sentuhan dari orang yang berlalu lalang.

2. Produk Berbahan Baku Biji-bijian

a. Roti

Roti dibuat dari bahan dasar tepung gandum. Dalam pembuatannya, digunakan ragi roti. Ragi roti menyediakan enzim yang akan mengubah gula menjadi gas karbondioksida. Jasad renik yang terlibat adalah *Saccharomyces cerevisiae*, jenis yang sama yang digunakan dalam memproduksi minuman beralkohol. Ragi ini akan mengubah gula dalam adonan menjadi gas karbondioksida. Gas yang terbentuk dalam adonan akan terperangkap dalam gelembung atau kantong-kantong berukuran renik yang muncul di bagian tengah adonan. Gelembung akan terisi karbondioksida, dan membesar. Ini menyebabkan adonan mengembang. Saat adonan dipanggang, ragi akan mati dan gelembung akan lebih membesar, sehingga roti juga bertambah besar dan memiliki tekstur lembut dan lentur. Penambahan adonan dengan kentang, air rebusan kentang, telur, atau gula, akan mempercepat pertambahan jumlah ragi.

b. Kecap dan Tauco

Kecap dan tauco, meski penggunaannya dalam masakan hanya terbatas dalam jumlah kecil, namun kehadirannya sangat penting. Kedua produk olahan ini mampu menambah cita rasa masakan. Campuran antara kedelai dan beras difermentasikan dengan menggunakan berbagai jenis bakteri dan jamur renik. Pada pembuatan kecap, digunakan beberapa jenis jasad renik, di antaranya adalah *Lactobacillus delbrueckii*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus soya*, dan *Saccharomyces rouxii*, sedangkan pada pembuatan tauco, masa fermentasinya dilakukan oleh banyak jenis jasad renik, terutama *Aspergillus oryzae*, *Rhizophus oryzae*, dan *Rhizophus oligosporus.*

c. Tempe

Tempe adalah makanan yang dibuat dengan cara fermentasi biji kedelai atau beberapa bahan lain dengan menggunakan *Rhizophus oligophorus*, *R. oryzae*, *R. stolonifer*, atau *R. arrhizus*. Kapang akan tumbuh pada biji kedelai dan melakukan hidrolisa terhadap se-

nyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna. Tempe kaya akan serat pangan, kalsium, vitamin B, zat besi, serta bahan kesehatan, seperti antibiotik, dan antioksidan.

d. Bir

Pembuatan bir menggunakan beberapa jenis jasad renik, tergantung pada rasa yang diinginkan. Misal, untuk membuat tipe bir "*ale*", diperlukan ragi *Saccharomyces cerevisiae* yang dikategorikan sebagai ragi *top-cropping*, dengan ciri bir yang dihasilkan mengandung busa di permukaannya. Adapun jenis bir yang diberi nama "*lager*" dihasilkan oleh fermentasi dengan ragi *bottom-cropping* yang menggunakan *Saccharomyces pastorianus*. Produksi "*lager*" memerlukan suhu rendah karena raginya bekerja efektif pada suhu ini.

Beberapa jenis ragi juga ditambahkan dalam membuat bir dengan tipe tertentu. Misal, untuk tipe bir "*lambic*", "*sour ale*" atau "*trappist beer*", ragi dari marga *Dekkera* (*D. bruxellenesis, D. anomala*) atau *Brettanomyces* (*B. cruxellensis, B. anomalus, B. custercianus, B. naardanensis, B. nanus*) perlu ditambahkan.

Ada juga satu jenis bir non alkohol yang disebut "*root beer*" dan beberapa minuman lain yang diproduksi dengan menggunakan metode pembuatan bir. Bedanya, proses fermentasi pada pembuatan tipe bir ini dipotong sehingga hanya menghasilkan karbondioksida. Minuman ini miskin alkohol namun kaya gula.

3. Produk Berbahan Baku Buah dan Sayur

a. Minyak Zaitun

Minyak zaitun diproduksi melalui fermentasi buah zaitun. Bakteri yang terlibat dalam proses ini adalah *Lactobacillus plantarum* dan *L. mesenteroides.* Minyak dan buah zaitun banyak digunakan bagi kesehatan jantung dan pembuluh darah, pencegahan kanker dan artritis, membantu pertumbuhan tulang dan memperlambat penuaan, menurunkan tekanan darah, dan membantu pencernaan (mengurangi asam lambung, mencegah tukak lambung). Al-Qur'an menyatakan pentingnya zaitun dalam ayat-ayat berikut.

وَهُوَ الَّذِيْٓ اَنْزَلَ مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءًۚ فَاَخْرَجْنَا بِهٖ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَاَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُّخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُّتَرَاكِبًاۚ وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَّجَنّٰتٍ مِّنْ اَعْنَابٍ وَّالزَّيْتُوْنَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَّغَيْرَ مُتَشَابِهٍۗ اُنْظُرُوْٓا اِلٰى ثَمَرِهٖٓ اِذَآ اَثْمَرَ وَيَنْعِهٖۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكُمْ لَاٰيٰتٍ لِّقَوْمٍ يُّؤْمِنُوْنَ ﴿٩٩﴾

Dan Dialah yang menurunkan air dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala

macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma, mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah, dan menjadi masak. Sungguh, pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman. (al-An'ām/6: 99)

وَهُوَ الَّذِيْٓ اَنْشَاَ جَنّٰتٍ مَّعْرُوْشٰتٍ وَّغَيْرَ مَعْرُوْشٰتٍ وَّالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا اُكُلُهٗ وَالزَّيْتُوْنَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهًا وَّغَيْرَ مُتَشَابِهٍۗ كُلُوْا مِنْ ثَمَرِهٖٓ اِذَآ اَثْمَرَ وَاٰتُوْا حَقَّهٗ يَوْمَ حَصَادِهٖۖ وَلَا تُسْرِفُوْاۗ اِنَّهٗ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِيْنَۙ ١٤١

Dan Dialah yang menjadikan tanaman-tanaman yang merambat dan yang tidak merambat, pohon kurma, tanaman yang beraneka ragam rasanya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak serupa (rasanya). Makanlah buahnya apabila ia berbuah dan berikanlah haknya (zakatnya) pada waktu memetik hasilnya, tapi janganlah berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebihan. (al-An'ām/6: 141)

يُنْۢبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُوْنَ وَالنَّخِيْلَ وَالْاَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرٰتِۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَاٰيَةً لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ ١١

Dengan (air hujan) itu Dia menumbuhkan untuk kamu tanam-tanaman, zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir. (an-Naḥl/16: 11)

وَشَجَرَةً تَخْرُجُ مِنْ طُوْرِ سَيْنَاۤءَ تَنْۢبُتُ بِالدُّهْنِ وَصِبْغٍ لِّلْاٰكِلِيْنَ ٢٠

Dan (Kami tumbuhkan) pohon (zaitun) yang tumbuh dari gunung Sinai, yang menghasilkan minyak, dan bahan pembangkit selera bagi orang-orang yang makan. (al-Mu'minūn/23: 20)

اَللّٰهُ نُوْرُ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِۗ مَثَلُ نُوْرِهٖ كَمِشْكٰوةٍ فِيْهَا مِصْبَاحٌۗ اَلْمِصْبَاحُ فِيْ زُجَاجَةٍۗ اَلزُّجَاجَةُ كَاَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُّوْقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُّبٰرَكَةٍ زَيْتُوْنَةٍ لَّا شَرْقِيَّةٍ وَّلَا غَرْبِيَّةٍۙ يَّكَادُ زَيْتُهَا يُضِيْۤءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌۗ نُوْرٌ عَلٰى نُوْرٍۗ يَهْدِى اللّٰهُ لِنُوْرِهٖ مَنْ يَّشَاۤءُۗ وَيَضْرِبُ اللّٰهُ الْاَمْثَالَ لِلنَّاسِۗ وَاللّٰهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيْمٌۙ ٣٥

Allah (pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya-Nya, seperti sebuah lubang yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam tabung kaca (dan) tabung kaca itu bagaikan bintang yang berkilauan, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang diberkahi, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di timur dan tidak pula di barat, yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas

cahaya (berlapis-lapis), Allah memberi petunjuk kepada cahaya-Nya bagi orang yang Dia kehendaki, dan Allah membuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia. Dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu. (an-Nūr/ 24: 35)

وَالتِّيْنِ وَالزَّيْتُوْنِۙ ١ وَطُوْرِ سِيْنِيْنَۙ ٢ وَهٰذَا الْبَلَدِ الْاَمِيْنِۙ ٣ لَقَدْ خَلَقْنَا الْاِنْسَانَ فِيْٓ اَحْسَنِ تَقْوِيْمٍۖ ٤

Demi (buah) Tin dan (buah) Zaitun, demi gunung Sinai, dan demi negeri (Mekah) yang aman ini. Sungguh, Kami telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sebaik-baiknya. (an-Nūr/ 24: 35)

b. Minuman Anggur

Ragi tertentu diperlukan dalam pembuatan minuman anggur. Peran ragi adalah mengkonversi gula pada buah anggur menjadi etanol. Secara alami, ragi sebenarnya sudah tersedia secara alami pada kulit buah anggur. Fermentasi dapat dilakukan langsung dengan menggunakan ragi alami ini. Akan tetapi, hasil minuman yang diperolehnya tidak dapat diduga rasanya dan tidak dapat distandardisasi. Untuk alasan ini, jenis ragi murni tertentu ditambahkan. Ragi tambahan akan mendominasi dan menentukan proses fermentasinya.

Ragi yang umum ditambahkan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Rasa akan ditentukan oleh strain atau variasi *Saccharomyces cerevisae* yang digunakan. Para produsen minuman anggur bersaing dalam memilih varietas mana yang paling bisa membuat minuman anggur mempunyai rasa dan bau yang diinginkan. Dalam industri minuman anggur, ada beberapa ragi dari jenis lain yang justru berperan sebagai kontaminan. Ragi dari marga *Zygosaccharomyces* atau *Brettanomyces* yang terbawa dalam fermentasi, misalnya, akan menjadikan minuman anggur cepat rusak.

c. Kimchi

Kimchi dikenal sebagai makanan semacam asinan di Korea dan kawasan sekitarnya. Semula, pembuatan kimchi dilakukan dengan merendam sawi yang digarami di dalam guci tanah liat dan menyimpannya di dalam tanah. Sayuran ini digunakan sebagai persediaan sayur untuk musim dingin. Cabai kemudian ditambahkan pada kimchi sejak diperkenalkan ke Jazirah Korea pada abad ke-16. Saat ini, kimchi dibuat dari sawi putih, lobak, bawang putih, cabai, daun bawang, makanan laut (cumi, tiram), garam, jahe, dan gula. Bakteri *Lactobacillus kimchi* yang digunakan menghasilkan asam cuka yang jauh lebih tinggi daripada jenis yang digunakan dalam pembuatan yoghurt. Kimchi yang dibuat dari berbagai jenis sayuran mengandung kadar serat makanan yang tinggi, namun rendah kalori. Kimchi kaya akan vitamin A, thiamine (B1), riboflavin (B2), kalsium,

zat besi, dan bakteri asam laktat yang baik untuk pencernaan. Kimchi dianggap sebagai salah satu dari lima makanan tersehat di dunia.

d. Sauerkraut

Sauerkraut atau asinan kol adalah makanan tradisional yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Jerman. Ia dibuat dari kubis yang diiris halus dan di fermentasi oleh berbagai bakteri asam laktat, seperti *Leuconostoc*, *Lactobacillus* dan *Pediococcus*. Sauerkraut dapat bertahan lama dan memiliki rasa yang cukup asam.

4. Produk Lain dalam Industri Makanan

a. Kambucha

Produk ini menggunakan ragi yang dikerjasamakan dengan bakteri asam asetat, dengan menggunakan air teh manis sebagai media. Teh kambucha ini datang dari Asia, dan menyebar sampai ke Rusia dan Jerman di sekitar pergantian abad ke-20.

Kambucha adalah jamur teh asal Asia Timur yang berbentuk jaringan membran yang berbentuk piringan datar yang terbuat dari bahan mirip gelatin dan bersifat liat. Selama proses fermentasi dan oksidasi berlangsung, terjadi bermacam-macam reaksi pada larutan teh manis. Jamur teh akan mengonsumsi gula yang ada dalam cairan. Sebagai gantinya, jamur teh akan memproduksi zat-zat bermanfaat yang dalam minuman tersebut, seperti asam glukuronat, asam laktat, vitamin, asam amino, antibiotik, dan zat-zat lain.

Jenis ragi di dalam air teh bervariasi, seperti *Brettanomyces bruxellencis, Candida stellate, Schizosaccharomyces pombe, Torulaspora delbrueckii,* dan *Zygosaccharomyces bailii*. Beberapa peneliti menyatakan bahwa *Acetobacter xylinum* adalah jenis ragi utamanya.

Keuntungan yang diperoleh dari mengonsumsi kambucha adalah adanya asam laktat (terdapat dalam bentuk L(+)-laktat yang penting bagi sistem pencernaan); asam asetat (yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan memberi aroma dan rasa khas); asam malat (penting dalam proses detoksifikasi); asam oksalat (berfungsi sebagai pengawet alami dan juga mendukung sel dalam memproduksi energi bagi tubuh); asam glukonat (efektif dalam dalam infeksi yang disebabkan ragi, seperti Candida); asam butirat (bersama asam glukonat melawan infeksi ragi patogen); asam nukleat (meningkatkan regenerasi sel yang baik dan sehat); asam amino (sekelompok asam yang berperan dalam pembentukan protein, pembelahan sel, memperbaiki jaringan yang rusak, dan membentuk antibodi); dan enzim

(bertindak sebagai biokatalis, mempercepat laju reaksi biokimia dalam tubuh).

b. Pemecahan kulit biji kopi dan cokelat

Jasad renik yang digunakan dalam proses produksi hanyalah untuk membantu memecah kulit biji kopi dan cokelat yang keras dengan proses fermentasi. Jasad renik tidak berpengaruh pada rasa kopi, namun berpengaruh pada rasa cokelat. Jasad renik yang terlibat dalam proses fermentasi biji kopi dan cokelat adalah *Erwinia dissolvens*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, dan ragi *Saccharomyces*.

c. MSG (Monosodium Glutamat)

MSG (*Monosodium Glutamat*) diproduksi dengan melakukan fermentasi pada bit gula (*sugar beets*), tebu, atau gula cair, dan pati. Jasad renik yang digunakan adalah *Corynebacterium glutamicum*.

d. Suplemen nutrisi

Ragi juga banyak digunakan sebagai suplemen nutrisi dalam penambahan nutrisi. Suplemen ini berisi ragi, biasanya *Saccharomyces cerevisiae* yang tidak aktif. Ragi ini dapat merupakan sumber protein dan vitamin yang baik, terutama B-kompleks, di samping banyak mineral dan faktor untuk pertumbuhan badan. Di samping itu, produk ini memiliki lemak yang sangat rendah.

Suplemen lainnya adalah probiotik yang menggunakan ragi *Saccharomyces boulardii* yang digunakan dalam memelihara dan merestorasi normal flora (kumpulan jasad renik baik) yang hidup di saluran makanan. Ragi ini diketahui dapat mengurangi diare akut pada anak-anak, mencegah infeksi bakteri *Clostridium difficile*, dan mencegah diare pada pasien penderita AIDS dan sejenisnya.

e. Ekstrak ragi

Ekstrak Ragi dipakai sebagai pengaya rasa dan penyedap makanan layaknya MSG. Proses produksinya adalah dengan mengasinkan ragi. Garam dicampurkan ke dalam kumpulan ragi sehingga cairan ragi keluar dari sel dan berubah menjadi komponen protein sederhana, sedangkan cangkangnya akan terurai.

f. Makanan lain

Ragi, di samping sangat menguntungkan, juga dapat merugikan, misal dengan merusak makanan. Kelompok jasad renik ini dapat tumbuh pada makanan matang yang memiliki pH rendah (5 atau lebih rendah), atau makanan dengan kehadiran gula asam organik dan kandungan karbon. Dalam pertumbuhannya, ragi melakukan pro-

ses metabolisme terhadap beberapa komponen bahan makanan dan akan menghasilkan perubahan makanan secara fisik, kimia, dan bau.

Kerusakan yang diakibatkannya diekspresikan dengan, di antaranya, tumbuhnya ragi di permukaan makanan (seperti pada roti, keju, atau daging) atau adanya endapan gula (pada sirop atau selai). *Zygosaccharomyces* adalah marga ragi yang umum ditemui sebagai perusak pada produk industri. Kontaminasi disebabkan oleh penggunaan pengawet makanan (seperti sukrosa, etanol, asam asetat, asam benzoat, asam sorbik, dan konsentrasi sulfur dioksida) yang tidak bekerja dengan baik. Penyebab lain yang mungkin justru dominan adalah kenyataan bahwa jenis-jenis ragi *Zygosaccharomyces* memiliki toleransi yang besar terhadap pengawet makanan.

Enzim yang diproduksi jasad renik juga banyak digunakan dalam proses pembuatan makanan atau minuman olahan. Enzim dapat diperoleh dari tumbuhan, hewan, jasad renik, dan dibuat dari bahan kimia. Setengah dari enzim yang diperoleh dari organisme hidup dan digunakan untuk keperluan industri diperoleh dari ragi, sepertiga lainnya dari bakteri, sedang sisanya dari sumber hewan dan tumbuhan.

Berbagai produk enzim, asam organik, dan produk lain yang diperoleh dari jasad renik dan digunakan dalam pengolahan makanan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini. []

Tabel 1
Produk enzim dan asam organik yang dihasilkan jasad renik dan penggunaannya

Produk	Mikroba	Keterangan
Asam Organik		
Asam sitrat	*Aspergillus niger*	Bahan tambahan makanan dan minuman ringan
Asam Laktat	*Lactobasilus* , *Streptococcus,* & *Leuconustoc*	Pengawetan makanan
Enzim		
Protease	Bakteri *Basillus* (a.l. *Bacillus licheniformis,*strain rekombinan *Bacillus sp.* GX6644 & *Basillus sp.* GX6638) & jamur renik *Aspergilus* (a.l. *Aspergillus oryzae, Aspergillus niger)*	Pembersih, baking

Produk	Mikroba	Keterangan
Amilase	*Bacillus* spp. (*Bacillus subtilis, Bacillus coagulans, Bacillus licheniformis,* dan *Bacillus diastaticus*) & *Aspergilus* spp.(a.l. *Aspergillus oryzae, Aspergillus niger*)	Pembuatan detergen, bir, roti.
Glukosa isomerase	*Bacillus coagulan, Streptomyces, Actinoplanes* & *Nocardia*	Pembuatan sirop
Renin	*Mucor pussilus*	Penggumpal susu untuk pembuatan keju
Pullulanase	*Klebsiella pneumonia*	Dalam bentuk pati
Urate oxidase	*Aspergilus flavus*	
Pectinase	*Aspergillus niger*	Minuman ringan
Glucose oxidase	*Aspergillus niger, Penicillium notatum*	Proses makanan
Lipase	*Aspergillus oryzae, Candila lipolytica, Rhizopus* spp.	Proses makanan
Esterase, invertase	*Aureobasidium pullulans*	
Rennet	*Mucor micheli, Mucor pusillis*	Pembuatan keju
Trysinase	*Neurospora crassa*	
Dextranase	*Penicillium funiculosum*	Proses makanan olahan
Invertase	Jamur renik *Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces fragilis,* dan *Aureobasidium pullulans*	*Confectionary*
Celulase	*Trichoderma reesei, Trichoderma viride, Aspergillus niger*	Minuman ringan
Raffinase	*Saccharomyces sp., Mortierella sp.*	Proses makanan

BAB VI
JASAD RENIK DALAM PRODUKSI ANTIBIOTIK, VAKSIN, DAN PRODUK KESEHATAN LAIN

Allah menurunkan cobaan berupa penyakit kepada umat-Nya, dan Allah pula yang menyembuhkannya. Allah berfirman,

وَاِذَا مَرِضْتُ فَهُوَ يَشْفِيْنِ ۙ ﴿٨٠﴾

Dan apabila aku sakit, Dialah yang menyembuhkan aku. (asy-Syu‘arā’/26: 80)

Dalam sebuah hadis, Rasulullah bersabda,

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ، فَإِذَا أُصِيْبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللّٰهِ عَزَّ وَجَلَّ. (رواه مسلم عن جابر)

Setiap penyakit mempunyai penyembuh, dan ketika penyembuh yang tepat digunakan pada penyakit tersebut, maka dengan izin Allah, penyakit itu akan sembuh. (Riwayat Muslim dari Jābir)

Diriwayatkan pula bahwa Rasulullah bersabda,

مَا أَنْزَلَ اللّٰهُ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً. (رواه البخاري ومسلم عن أبي هريرة)

Allah tidak menurunkan suatu penyakit, kecuali Dia juga menurunkan penyembuhnya. (Riwayat al-Bukhāriy dan Muslim dari Abū Hurairah)

Usāmah bin Syarīk, salah seorang sahabat, mengisahkan dialog antara Rasulullah dengan rombongan kaum Badui yang menghadap beliau,

كُنَّا عِنْدَ النَّبِيِّ صَلَّى اللّٰهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، كَأَنَّ عَلَى رُءُوسِنَا الرَّخَمَ، مَا يَتَكَلَّمُ مِنَّا مُتَكَلِّمٌ، إِذْ جَاءَهُ نَاسٌ مِنَ الْأَعْرَابِ ... قَالُوْا: أَفَنَتَدَاوَى

يَا رَسُوْلَ اللّٰهِ؟، قَالَ: نَعَمْ، فَإِنَّ اللّٰهَ لَمْ يُنْزِلْ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ دَوَاءً، غَيْرَ دَاءٍ وَاحِدٍ، قَالُوْا: وَمَا هُوَ يَا رَسُوْلَ اللّٰهِ؟، قَالَ: الْهَرَمُ. (رواه الطبراني وابن حبان عن أسامة بن شريك)

Kami sedang duduk bersama Nabi. Suasana ketika itu sangat hening, seakan ada burung bangkai hinggap di atas kepada kami. Tak seorang pun berbicara. Tiba-tiba orang-orang Badui datang. Mereka bertanya, "Wahai Rasulullah, haruskah kami berobat?" Beliau menjawab, "Ya! (Berobatlah) karena Allah tidak menurunkan penyakit kecuali Dia menurunkan pula penyembuhnya, kecuali satu penyakit (yang tidak ada penyembuhnya)." Mereka bertanya, "Penyakit apakah itu, wahai Rasulullah?" Beliau menjawab, "Ketuaan (pikun)." (Riwayat aṭ-Ṭabrāniy dan Ibnu Ḥibbān dari Usāmah bin Syarīk)

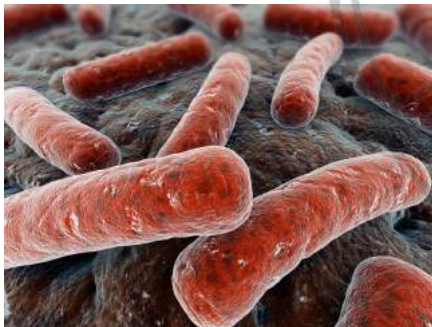
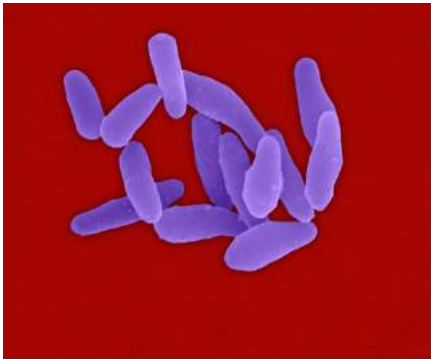
Diriwayatkan pula bahwa Rasulullah bersabda,

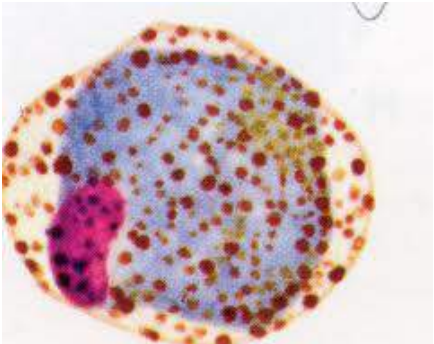
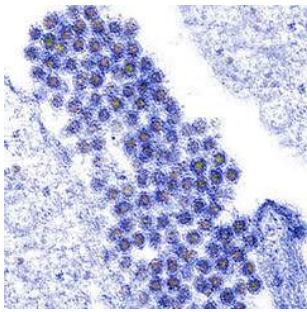
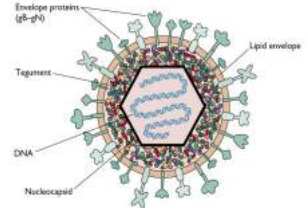
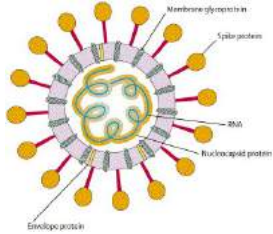
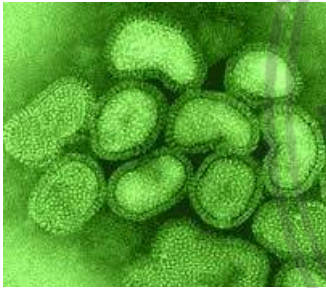
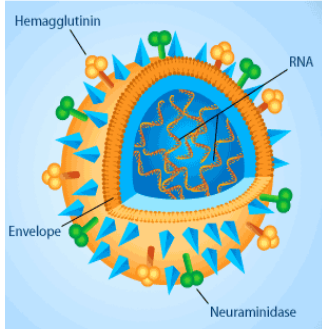
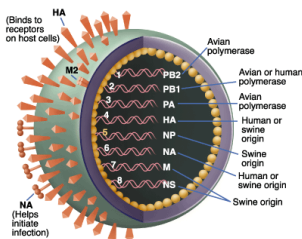
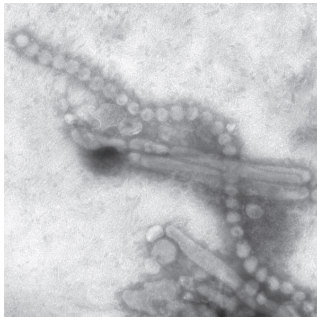
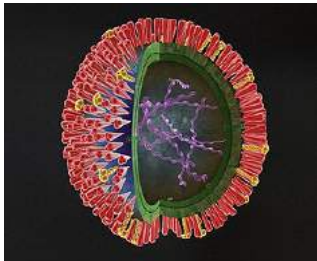
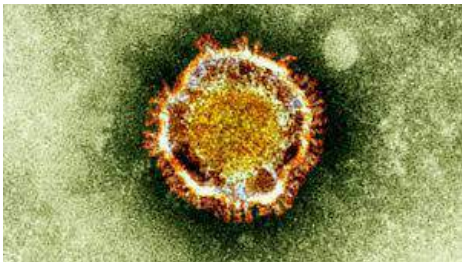
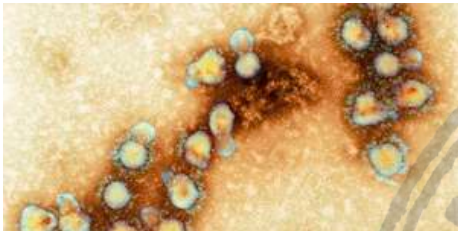
إِنَّ اللّٰهَ عَزَّ وَجَلَّ لَمْ يُنْزِلْ دَاءً إِلَّا وَقَدْ أَنْزَلَ مَعَهُ دَوَاءً، جَهِلَهُ مِنْكُمْ مَنْ جَهِلَهُ، وَعَلِمَهُ مِنْكُمْ مَنْ عَلِمَهُ. (رواه أحمد عن ابن مسعود)

Allah tidak menurunkan penyakit kecuali Dia juga menurunkan penyembuhnya. Siapa yang tidak menyadari penyembuh itu, dia pasti tidak akan menyadarinya. Dan siapa yang mengetahuinya, dia akan menyadarinya. (Riwayat Aḥmad dari Ibnu Mas'ūd)

Diriwayatkan pula bahwa Abū Khuzāmah bertanya kepada Rasul,

يَا رَسُولَ اللّٰهِ، أَرَأَيْتَ دَوَاءً نَتَدَاوَى بِهِ، وَرُقًى نَسْتَرْقِيْهَا، وَتُقًى نَتَّقِيْهَا، هَلْ يَرُدُّ ذَلِكَ مِنْ قَدَرِ اللّٰهِ تَبَارَكَ وَتَعَالَى مِنْ شَيْءٍ؟ فَقَالَ رَسُوْلُ اللّٰهِ صَلَّى اللّٰهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: إِنَّهُ مِنْ قَدَرِ اللّٰهِ عَزَّ وَجَلَّ. (رواه أحمد والترمذي عن أبي خزامة)

"Wahai Rasulullah, obat yang kami gunakan, rukyah (formula doa-doa Islami) yang kami jalankan, dan pencegahan yang kami usahakan, apakah semua itu mampu mengubah takdir yang telah Allah tetapkan?" Beliau menjawab, "Sesungguhnya semua itu adalah bagian dari takdir Allah." (Riwayat Aḥmad dari Abū Khuzāmah)

Pada umumnya hadis di atas menyatakan bahwa Allah yang menciptakan penyakit, dan Allah pula yang menciptakan atau menyediakan obatnya. Penyakit dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor. Penyakit infeksi, seperti radang paru atau tuberculosis (TBC), malaria, demam berdarah dengue (DBD), SARS (*Severe accute respiratory syndrome* = sindrom pernafasan akut severe), AIDS (*Acquired Immunodeficiency syndrome* = sindrom hilangnya imunitas yang dibutuhkan), dan sebagainya termasuk penyakit yang disebabkan oleh infeksi jasad renik patogen (*pathogenic microbes*), yaitu jasad renik penyebab penyakit. Jasad renik patogen dapat berupa vi-

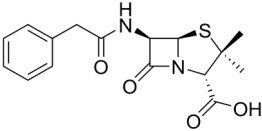
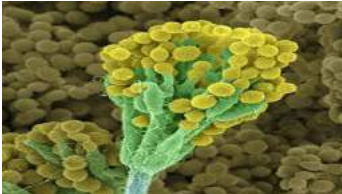
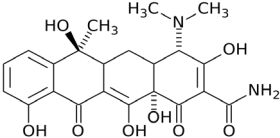
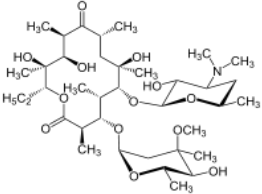
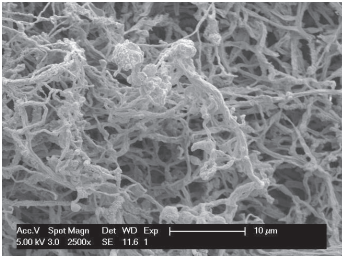
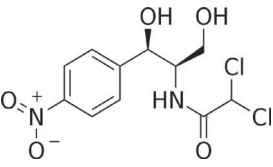
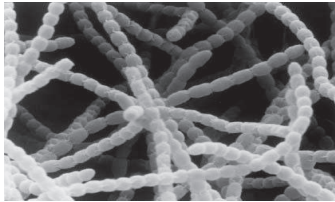
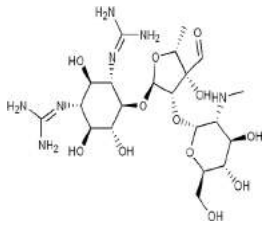
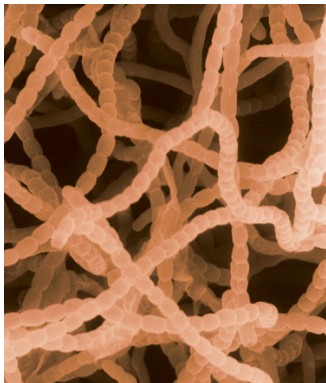
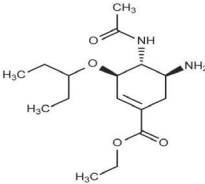
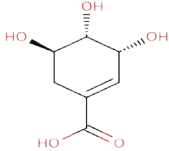
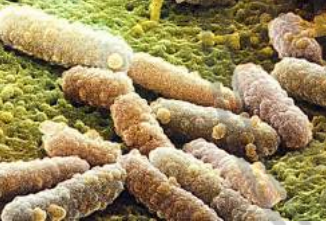
rus, bakteri, plasmodium, atau jamur.

Obat untuk penyakit infeksi ini dikenal dengan nama obat antibiotik. Antibiotik berasal dari kata bahasa Latin “anti” yang berarti lawan, dan “bios” yang berarti hidup. Dalam pengertian “bios” ini, yang dimaksud dengan hidup adalah jasad renik patogen yang hidup dalam tubuh manusia. Antibiotik ini dapat menghancurkan atau mematikan jasad renik patogen atau bakteri patogen dalam tubuh manusia. Hampir semua jenis antibiotik yang dikenal dalam dunia pengobatan dihasilkan oleh jasad renik non-patogen, baik itu bakteri, aktinomisetes, maupun jamur. Singkat kata, penyebab penyakit adalah mikroba patogen (virus, bakteri patogen, plasmodium, jamur), sedang penyembuh penyakit (antibiotik) berasal atau dihasilkan oleh mikroba non-patogen (bakteri non-patogen, aktinomisetes, dan jamur non-patogen). Beberapa contoh jasad renik patogen terlihat pada Tabel 2 berikut (lihat pula Lampiran 3).

Tabel 2
Daftar Jasad Renik Penyebab Penyakit

No	Nama penyakit	Mikroba Penyebab	Gambar
1	Tuberculosis (TBC)	*Mycobacterium tuberculosis*	(stateschronicle.com)
2	Difteri	*Corynebacterium diphteriae*	(historyofvaccines.org)

3	Malaria	*Plasmodium vivax*	(analiskesehatano8kdi. wordpress.com)
4	Demam Berda-rah Dengue (DBD)	*Flavivirus dengue*	(microbewiki.kenyon.edu) (imruleof6ix.fieldofscience. com)

5	SARS	*Coronavirus*	(enumclaw.com) (sciencedirect.com)
6	Flu Burung H5N1	*Influenza Avian Virus Serotype H5N1*	(cfsph.iastate.edu)

7	Flu Burung H1N1	*Influenza Avian Virus Serotype-H1N1*	(en.wikipedia.org) (health-advisors.org)
8	Flu Burung H7N9	*Influenza Avian Virus Serotype-H7N9 (struktur perlu sumber)*	(en.wikipedia.org)

9	Flu Bu-rung MERS-CORV	*MERS-CORV* *(Middle East Respiratory Syndrome-Corona Virus)*	 (abcnews.go.com) (gov.uk) (sott.net)

A. OBAT ANTIBIOTIK

Antibiotik merupakan substansi alami, semisintetis, atau sintetis yang dalam titer/kadar kecil dapat menghambat (*bacteriostatics*) atau membunuh mikroba patogen (*bacteriocides*) (bakteri, dll). Jadi, antibiotik adalah obat yang dapat digunakan untuk melawan infeksi yang disebabkan berbagai jenis jasad renik. Berbagai teknik kimia sintesis maupun bioteknologi telah dilakukan untuk memproduksi antibiotik dalam jumlah banyak.

Jenis antibiotik yang dihasilkan oleh jasad renik (mikroba) terlihat dalam Tabel 3 berikut.

Proses untuk menghasilkan/memproduksi antibiotik umumnya dilakukan dengan teknik fermentasi terhadap mikroba penghasilnya dalam skala industri. Antibiotik dapat pula dimodifikasi struktur kimianya untuk menjadi antibiotik yang lebih poten/kuat. Pembuatan antibiotik yang dimodifikasi strukturnya dapat dilakukan dengan cara teknologi semisintesis atau teknik rekayasa genetika. Teknik

Tabel 3
Jasad Renik Sumber Antibiotik

No	Nama Antibiotika dan Jenis Asal	Struktur Kimia	Gambar Jasad Renik
1	**Penisilin** *Penicilin notatum* (ciriscience.org)		
2	**Oksitetra-siklin** *Streptomyces rimosus* (enfo.agt. bme.hu)		
3	**Eritromisin** *accharopolyspora erythraea* (jblseqdat.bioc.cam. ac.uk)		
4	**Kloramfenikol** *Streptomyces venezuelae* (news2000.com.ua)		

5	**Streptomisin** *Streptomyces griseus* (jb.asm.org)		
6	**Tamiflu** (Oseltamivir) Digunakan untuk melawan Virus Influenza-A, B, dan Virus Flu Burung H5N1. Mekanismenya adalah menghancur-kan neuraimidase (N)	Dihasilkan secara semisintetis; dengan bahan dasar asam shikimat. Asam shikimat bisa didapat dari tanaman a.l. *Illicium anisatum* (griffithpropagationnursery.com) atau mikroorganisme a.l. *Escherichia coli* (scavengergourmet.com).	

rekayasa genetika dimulai dengan memasukkan gen tertentu yang spesifik ke dalam jasad renik terpilih. Penyuntikan gen tambahan dari luar akan mengubah struktur gen jasad renik tersebut. Jasad renik yang sudah direkayasa tersebut kemudian diproduksi dalam skala industri, dan dipasarkan sebagai obat. Bakteria *E. coli* telah digunakan dalam bioteknologi untuk memproduksi antibiotik. Sekitar 7.000 macam antibiotik telah

diproduksi dengan menggunakan jasad renik. Ratusan peneliti di dunia terus berusaha mengembangkan dan menciptakan antibiotik baru (yang lebih kuat dan efisien) dalam hitungan hari.

Penisilin membunuh bakteri dengan cara mencegah bakteri membentuk kulit luarnya. Bakteri dewasa tidak akan terpengaruh, namun bakteri yang baru saja diproduksi akan tumbuh abnormal, rapuh, dan mudah dirusak karena cairan selnya mengalir ke luar dinding sel. Sukses penisilin mendorong pencarian jamur renik lain sebagai penghasil antiobiotik, terutama dari jamur tanah. Saat ini sudah terkumpul ratusan substansi antibiotik, namun hanya beberapa yang sudah dinyatakan aman untuk digunakan. Keamanan ini didasarkan pada kemampuan substansi untuk membunuh bakteri tertentu, yang disebut *selective toxicity*.

Jelas sekali bahwa Allah yang menciptakan makhluk-makhluk renik yang mampu menimbulkan penyakit, namun Allah juga yang menciptakan jasad renik penghasil obatnya. Ada satu ilustrasi yang menggambarkan bagaimana Allah menurunkan penyakit sekaligus obatnya. Dalam salah satu hadis, Nabi mengajak masyarakat untuk berpikir secara ilmiah tentang jasad renik patogen dan inang perantaranya.

إِذَا وَقَعَ الذُّبَابُ فِي شَرَابِ أَحَدِكُمْ فَلْيَغْمِسْهُ ثُمَّ لِيَنْزِعْهُ فَإِنَّ فِي إِحْدَى جَنَاحَيْهِ دَاءً وَالأُخْرَى شِفَاءً. (رواه البخاري عن أبي هريرة)

Bila seekor lalat jatuh ke gelas minum salah satu dari kalian, tenggelamkanlah ia sepenuhnya ke dalam air lalu buanglah. Sungguh, di salah satu sayapnya terdapat penyakit, dan di sayap yang lain terdapat penawarnya. (Riwayat al-Bukhāriy dari Abū Hurairah)

Hadis di atas memang berbicara tentang sesuatu yang samar dan harus dicermati sebagai suatu petunjuk, dan tidak diartikan secara harfiah. Dari perspektif kesehatan, diketahui ada banyak jasad renik penyebab penyakit yang dibawa oleh lalat, baik di kakinya maupun di ludahnya. Kecil kemungkinan penyakit dan obatnya terdapat di masing-masing sayapnya. Pernyataan dalam hadis di atas bukanlah omong kosong yang tidak masuk akal. Ilmu pengetahuan membuktikan bahwa lalat berperan besar dalam dunia kesehatan, baik dalam penularan maupun —baru diketahui belakangan ini—dalam pengobatan penyakit.

Terlepas dari kata dalam hadis di atas yang menganjurkan untuk mencelupkan lalat ke dalam air minum, Rasulullah memberi kita informasi bahwa Allah menciptakan lalat dengan banyak

mukjizatnya, di antaranya bahwa lalat membawa penyakit sekaligus obatnya. Hal ini membuktikan bahwa Allah menciptakan segala sesuatu tidak dengan sia-sia.

Penjelasan ilmiahnya adalah demikian. Adalah suatu kenyataan bahwa banyak jenis lalat biasa hidup dan mengkonsumsi hal-hal yang kotor dan mengandung jasad renik penyebab penyakit—bangkai, kotoran hewan, buah busuk, dan sejenisnya. Mereka tidak mengalami efek buruk dari cara hidup yang demikian, tentunya karena mereka memiliki penangkalnya. Pada tubuh lalat (baik pada bagian luar dan dalam tubuhnya) diduga ada suatu substansi yang digunakan untuk pertahanan tubuh. Secara ilmiah, ada dugaan hadirnya zat berupa antidote, suatu substansi antibakteri atau antibiotik, untuk mengantisipasi kehidupan di lingkungan yang kotor. Pada tahun 2002, para peneliti Australia mulai meneliti dan membuktikan dugaan di atas. Lalat rumah dan lalat sapi, yang memakan bangkai dan kotoran lainnya, terbukti memiliki antibakteri di tubuhnya. Lalat pemakan daging telah teruji tahan terhadap serangan banyak bakteri penyebab penyakit. Hal ini berbeda dari lalat buah yang memakan cairan buah segar, dan larvanya yang hidup pada buah segar. Pada tubuh lalat ini tidak ditemukan antibakteri. Ini adalah suatu temuan yang tidak kalah penting dibandingkan penemuan penisilin.

Kenyataan ini memberi pencerahan bagi mereka yang mau berpikir. Apabila lalat jenis tertentu, dan juga larvanya yang berupa belatung, memiliki antibakteri, maka mereka dapat digunakan untuk penyembuhan penyakit infeksi; suatu keadaan yang selama ini terlihat merugikan kemudian dapat diubah menjadi sesuatu yang menguntungkan. Dengan memperkenalkan belatung ke dalam luka yang terkena infeksi, luka akan bersih dan infeksinya menghilang. Cara ini disebut Maggot Therapy.

Terapi demikian ini ternyata sudah banyak digunakan para dokter militer sejak 100 tahun lalu. Berdasarkan pengalaman pada Perang Dunia I, luka para prajurit yang sudah mencapai tahap infeksi dapat dengan mudah dibersihkan dengan mengintroduksi belatung lalat ke dalamnya. Penelitian dewasa ini membuktikan bahwa upaya itu sangat tepat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

B. PRODUK KEFARMASIAN LAIN

Apabila seseorang menderita sakit tenggorokan yang akut, maka dokter akan memberinya obat yang sangat mungkin mengandung penisilin atau

antibiotik lainnya. Bila ditanya tentang sakitnya maka pasien akan mengatakan bahwa sakit tenggorokannya disebabkan oleh kuman atau virus yang menyebabkan infeksi di saluran tenggorokan. Namun, pasien belum tentu mengetahui bahwa dokter telah memberinya resep untuk membeli jasad renik. Obatnya adalah kumpulan atau produk yang dihasilkan jasad renik "baik" untuk menghilangkan efek infeksi akibat jasad renik "jahat".

Jasad renik berperan penting dalam usaha manusia memproduksi dan mengembangkan obat, serta dalam bidang penelitian dan pengembangan produk kesehatan. Misalnya saja virus. Virus dimanfaatkan karena memiliki kemampuan khusus yang dapat digunakan manusia untuk berbagai tujuan. Virus memiliki kemampuan untuk masuk ke dalam sel dengan menggunakan sistem yang digunakan oleh sel itu sendiri. Artinya, sel itu tetap "sehat" walau virus masuk dan hidup di dalam sel. Karena kemampuan virus yang demikian ini, para peneliti memanfaatkan virus (yang telah direkayasa komponen genetikanya) sebagai alat transportasi dalam mengantarkan DNA masuk ke dalam sel tertentu. Kemampuan virus dalam menyampaikan informasi yang demikian ini menjadi faktor penting dalam, antara lain, melakukan terapi gen, kloning DNA, atau untuk berbagai penelitian genetik.

Jasad renik, terutama bakteri, juga dapat dijadikan "kuda beban" untuk mengangkut dan mendistribusikan material obat yang sangat renik (*nanomedicine*) ke seluruh organ atau ke organ tertentu. Percobaan yang mengarah pada pemanfaatan jasad renik untuk jasa transportasi ini sedang giat dilakukan. Ide dasarnya adalah bahwa jasad renik bakteri non-patogen sudah ada dalam tubuh manusia, dan menyebar luas di seluruh organ, terutama di saluran pencernaan; bagaimana bila bakteri yang masuk dalam kategori itu dimanfaatan untuk membawa dan mendeposit obat ke organ tertentu. Bahkan, peralatan sensor atau partikel lainnya sebagai hasil dari kegiatan nanoteknologi untuk kesehatan juga dapat diangkut oleh jasad renik. Selain itu, bakteri ini dapat bereaksi terhadap sinyal-sinyal biokimia sehingga memungkinkan mengarahkan organisme ini menuju bagian tubuh yang dituju. Begitu mereka sampai di tempat yang dituju, bakteri membongkar muatan yang dibawanya dan hidup secara alami di tempat itu.

Banyak macam penelitian yang melakukan rekayasa DNA jasad renik dengan cara memasukkan gen dari organisme lain ke jasad renik. Dengan

mengubah tatanan DNA, para pene-liti dapat memaksa jasad renik itu untuk memproduksi komponen yang biasa-nya tidak diproduksi oleh jasad renik ini, di antaranya untuk memproduksi produk kesehatan berupa insulin. Di sini, potongan gen manusia yang ber-tanggung jawab menghasilkan insulin diintroduksi pada rangkaian gen jasad renik. Dengan demikian, jasad renik akan memproduksi insulin yang kemu-dian digunakan dalam usaha mendu-kung kehidupan para penderita pe-nyakit gula. Daftar jasad renik yang digunakan untuk menghasilkan produk kesehatan dapat dilihat pada Tabel 4.

Umat manusia telah memanfaat-kan mikroorganisme sejak lama untuk menghasilkan produk-produk yang bermanfaat. Misalnya, pada sekitar

Tabel 4
Daftar Jasad Renik yang Digunakan dalam Industri Farmasi

Produk	Jasad renik	Keterangan
1. Antibiotik		
► Penisilin	*Penicilium chrysogenum*	
► Sefalosporin C	*Chepalosporium acremonium*	
► Streptomicin	*Streptomyces griseus* *Actinomycetes* spp.	
2. Steroid		
• Kortison	*Rhizopus arrhizus*	Alergi, ketidakseimbang-an hormon, oral inflamasi
3. Vitamin & Asam Amino		
• Vitamin B12	*Propionibacteriaum sherma-nii Paracoccus denitrificans*	
• Ribovlavin	*Clostridium* spp. *Eremothecium ashbyi* *Ashbya gossypii.*	
• Lisin	*Corynebacterium glutami-cum*	Menhasilkan lisin dari karbohidrat
4. Asam organik		
• Asam glukanat	*Acetobakter* *Penicillium* *Aspergillus*	Produk farmasi suplai kalsium, besi,
5. Enzim		
• Penisillinase	*Bacillus cereus* *Bacillus licheniformis*	Produk farmasi

• L-asparaginase	*Bacillus megaterium*	Produk kesehatan
• Penicillin acylase • Galactosidase	*Escherichia coli*	Produk farmasi
• Aminocylase	*Aspergillus sp.*	Produk farmasi
• Asparaginase	*Escherichia coli*	Produk kesehatan

tahun 6.000 SM masyarakat Sumeria dan Babilonia telah memanfaatkan ragi untuk membuat bir, sedangkan masyarakat Mesir pada tahun 4.000 SM telah menggunakan ragi untuk mengasamkan roti. Masyarakat Babilonia juga memiliki pengetahuan untuk mengubah etanol dalam bir menjadi asam asetat (cuka).

Produk alami yang disentesis oleh mikroorganisme menjadi sangat penting. Produk antikoagulan, antidepresan, vasodilator, herbisida, insektisida, hormon tanaman, enzim, dan inhibitor enzim telah diisolasi dari mikroorganisme. Mikroorganisme lebih sering digunakan untuk menghasikan enzim, seperti enzim amilase yang digunakan untuk membuat bir, roti, dan memproduksi tekstil, serta enzim protease yang digunakan untuk mengempukkan daging, melunakkan kulit, serta membuat detergen dan keju.

Industri makanan, minyak, kosmetik, dan farmasi juga menggunakan mikroorganisme untuk menghasikan polisakarida. *Xanthomonas campestris* menghasilkan polisakarida yang dikenal sebagai santan untuk menstabilkan bahan makanan, sebagai agen pengikat untuk berbagai produk farmasi, serta untuk pewarnaan tekstil. *Leuconostoc mesenteroides* bila ditumbuhkan pada media yang mengandung sukrosa akan memproduksi dekstran, suatu polisakarida yang dapat digunakan sebagai saringan molekuler untuk memisahkan molekul dalam kromatografi kolom.

Mikrobiologi farmasi modern berkembang setelah Perang Dunia II dengan dimulainya produksi antibiotik. Suplai produk farmasi dunia termasuk antibiotik, steroid, vitamin, vaksin, asam amino, dan hormon manusia diproduksi dalam jumlah besar oleh mikroorganisme. *Streptomyces hydroscopius* memilik strain yang berbeda untuk membuat hampir 200 antibiotik yang berbeda. Antibiotik pada dasarnya dibuat dalam skala industri dengan cara menginokulasi spora dari kapang atau *streptomycetes* dalam suatu media pertumbuhan dan menginkubasinya dengan aerasi yang baik. Setelah mencapai konsentrasi yang cukup, larutan diekstraksi, dipresitipasi, dan diperlukan dengan prosedur standar industri lainnya.

C. PRODUKSI BAHAN KESEHATAN

1. Produksi Antibiotik Skala Industri

Produksi antibiotik dilakukan dalam skala besar pada tangki fermentasi dengan ukuran besar. Sebagai contoh, *Penicillium chrysogenum* ditumbuhkan dalam 100.000 liter fermentor selama kurang lebih 200 jam. Mula-mula suspensi spora *P. chrysogenum* ditumbuhkan dalam larutan media bernutrisi. Kultur diinkubasi selama 24 jam pada temperatur 24 °C dan selanjutnya ditransfer ke tangki inokulum. Tangki inokulum digojlok teratur untuk mendapatkan aerasi yang baik selama satu hingga dua hari.

Pada proses produksi penisilin, media bernutrisi yang mengandung gula asam fenilasetat ditambahkan secara kontinu. Asam fenilasetat ini digunakan untuk membuat rantai samping benzil pada penisilin G. Penisilin G diekstraksi dari filtrat dan dikristalisasi. Untuk membuat penisilin semisintetis, penisilin G dicampur dengan bakteri yang mensekresi enzim asilase. Enzim ini akan melepas gugus benzil dari penisilin G dan mengubahnya menjadi 6-aminopenicillanic acid (6-APA). *Aminopenicillanic acid* adalah molekul yang dipakai untuk membuat penisilin jenis lain. Bebagai gugus kimia ditambahkan pada gugus 6-amino dari 6-APA.

Hal yang serupa juga terjadi pada Sefalosporin C yang diperoduksi oleh *Cephalosporium acremonium*. Molekul Sefalosporin C dapat ditransformasi dengan melepas rantai samping α-aminoadipic acid dan menambahkan gugus baru yang memiliki kisaran antibakteri yang lebih luas.

Strain *Streptomyces griseus* dan Actinomycetes lainnya menghasilkan streptomisin dan bebagai antibiotik lainnya. Spora *S. griseus* diinokulasi ke dalam media untuk mendapatkan kultur pertumbuhan dengan biomassa miselia yang tinggi sebelum dimasukkan kedalam tangki inokulum. Media dasar untuk produksi streptomisin mengandung pati kedelai sebagai sumber nitrogen, glukosa sebagai sumber karbon, dan NaCl. Temperatur optimum untuk proses fermentasi ini berkisar pada 28 °C, dengan kecepatan pengadukan dan aerasi yang tinggi diperlukan untuk mendapatkan produksi streptomisin yang maksimal. Proses fermentasi berlangsung sekitar 10 hari dengan jumlah streptomisin yang dipanen berkisar 1 gram per liter.

2. Produksi Steroid

Homon steroid sangat penting perannya dalam dunia kesehatan. Misalnya kortison dan steroid lain yang serupa diketahui dapat digunakan untuk mengobati gejala yang berhubungan

dengan alergi dan berbagai respons inflamasi oral dan untuk mengobati ketidakseimbangan homonal.

Sintesis steroid seperti kortison memerlukan lebih dari 35 langkah, sehingga steroid sangat mahal untuk diproduksi secara kimiawi. Misalnya, kortison dapat disintesis dari asam deoksikolat melalui 37 langkah, yang beberapa di antaranya memerlukan kondisi temperatur dan tekanan yang ekstrem, dengan biaya berkisar lebih dari $ 200 per gram. Kesulitan utama pada sintesis kortison adalah introduksi atom oksigen pada cincin steroid nomor 11. Hal ini dapat diatasi dengan pemanfaatan mikroorganisme. Penggunaan mikroorganisme untuk mengganti proses kimiawi ini dikenal dengan istilah biokonversi. Fungi *Rhizopus arrhizus* menghidroksilasi progesteron membentuk steroid koteksolon untuk membentuk hidrokortison dengan mengintroduksi oksigen pada posisi nomor 11.

Bentuk transformasi lain dari inti steroid dilakukan oleh mikroorganisme melalui proses hidrogenasi, dihidrogenasi, epoksidasi, dan penambahan serta penghilangan rantai samping. Penggunaan mikroorganisme pada produksi kortison dapat menurunkan biaya produksi sebanyak 400 kali lipat, sehingga harga kortison di Amerika Serikat kurang dari US$ 50 per gram, bandingkan dengan harga aslinya yang mencapai US$ 200.

3. Produksi Vitamin dan Asam Amino

Vitamin merupakan faktor nutrisi esensial bagi manusia. Beberapa vitamin dapat diproduksi melalui fermentasi mikroorganisme, dan digunakan sebagai suplemen makanan. Misalnya vitamin B_{12} dapat diproduksi sebagai produk samping pada fermentasi antibiotik oleh Streptomyces. Vitamin B_{12} juga diperoleh dari fermentasi *Propionibacteriaum shermanii* atau *Paracoccus denitrificans*.

Riboflavin dapat dihasilkan dari fermentasi berbagai macam mikroorganisme, misalnya bakteri Clostridium dan fungi *Eremothecium ashbyi* atau *Ashbya gossypii*. Masalah utama produksi asam amino komersial melalui fermentasi mikroorganisme adalah adanya mekanisme alam kontrol pengaturan mikroorganisme yang membatasi jumlah asam amino yang dihasilkan dan dilepaskan dari sel. Masa-lah ini dapat diatasi dengan strain mikroorganisme yang direkayasa secara genetik sehingga tidak memiliki mekanisme kontrol seperti strain asli (*wild type*).

Manusia memerlukan berbagai macam asam amino, termasuk lisin. Konsentrasi lisin dalam padi-padian

tidak cukup banyak untuk memenuhi kebutuhan nutrisi manusia. Lisin diproduksi melalui fermentasi mikroorganisme sehingga dapat digunakan sebagai suplemen makanan bagi manusia dan sebagai bahan tambahan pada sereal. Metionin juga diproduksi melalui sintesis kimia dan digunakan sebagai suplemen makanan.

Produksi lisin dari karbohidrat menggunakan *Corynebactrerium glutamicum*, suatu auksotrof yang memerlukan homoserin. *Cane molasses* pada umumnya digunakan sebagai substrat, dan pH dijaga agar tetap netral dengan menambahkan amonia atau urea. Pada saat gula dimetabolisme, lisin akan tetap terakumulasi pada media dan sintesis homoserin dihambat pada tahap homoserin dihidrogenase.

Asam glutamat dimanfaatkan sebagai monosodium glutamat (MSG), bahan penyedap rasa makanan. Asam L-glutamat dan MSG diproduksi melalui fermentasi strain Brevibacterium, Arthobacter, dan Corynebacterium. Kultur *Corynebacterium glutamicum* dan *Brevibacterium flavum* digunakan untuk memproduksi MSG dalam skala besar. Proses fermentasi memerlukan media glukosa-garam mineral dengan menambahkan urea secara periodik sebagai sumber nitrogen selama proses fermentasi. Nilai pH dijaga berkisar 6-8, dan temperatur 30 °C.

4. Produksi Asam Organik

Beberapa asam organik seperti asam asetat, asam glikonat, asam sitrat, asam giberelat, dan asam laktat dihasilkan melalui fermentasi mikroorganisme. Asam organik antara lain digunakan dalam industri makanan, misalnya sebagai pengawet makanan.

Asam glukonat diproduksi oleh berbagai bakteri semisal spesies Acetobater dan oleh beberapa fungi seperti penisilium dan aspergillus. *Aspergillus niger* mengoksidasi glukosa menjadi asam glukonat dalam reaksi enzimatik tunggal oleh enzim glukosa oksidase. Asam glukonat memiliki berbagai kegunaan, antara lain:

1. Kalsium glukonat digunakan sebagai produk farmasi untuk menyuplai kalsium dalam tubuh.
2. *Ferrous glukonate* digunakan sebagai asupan besi untuk mengobati anemia.
3. Asam glukonat pada detergen pencuci piring mencegah noda pada permukaan kaca akibat presipitasi garam kalsium dan magnesium

Asam sitrat diproduksi oleh *Aspergillus niger* dengan molases sebagai substrat fermentasinya. Asam sitrat digunakan sebagai bahan tambahan pada makanan, terutama minuman ringan. Transformasi asam sitrat oleh *Aspergillus terreus* dapat digunakan

untuk memproduksi asam itokonat dalam dua langkah reaksi. Langkah pertama merupakan perubahan asam sitrat menjadi asam cis-akonitat melalui proses hidroksilasi, dan langkah kedua merupakan langkah karboksilasi asam cis-akonitat menjadi asam itakonat. Proses fermentasi ini memerlukan pH berkisar pada 2,2. Pada kisaran pH lebih tinggi, *A. terreus* akan mendegradasi asam itokonat.

Asam giberelat (*gibberellic acid*) diproduksi oleh fungi *Gibberella fujikuroi.* Proses fermentasinya memerlukan media glukosa-garam mineral, dan temperatur inkubasi berkisar pada 25 °C dengan pH asam. Asam gibberelat dan homon tanaman giberelin lainnya dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas pertanian, yaitu sebagai substansi pendukung pertumbuhan tanaman, perbungaan, dan germinasi biji, serta untuk menginduksi pembentukan buah tanpa biji.

Asam laktat diproduksi oleh *Lactobacillus delbrueckii*, spesies Lactobacilus lainnya, Streptococcus, dan Leuconustoc. Asam laktat digunakan untuk mengawetkan makanan, pada industri penyamkan kulit, dan industri tekstil. Media yang digunakan dalam fermentasi asam laktat ini memerlukan glukosa 10–15%, kalsium karbonat 10% untuk menetralisasi asam laktat yang dihasilkan, amonium fosfat, dan sejumlah kecil sumber nitrogen. Gula jagung, pati kentang, dan gandum sering digunakan sebagai sumber karbohidrat. Temperatur inkubasi berkisar antara 45–50°C dengan pH berki-sar antara 5,5–6,5. Setelah proses fermentasi selama 5–7 hari, kurang lebih 90% gula telah diubah menjadi asam laktat, kalsium karbonat selanjutnya ditambahkan untuk menaikkan pH hingga 10, kemudian media fermentasi dipanaskan dan disaring. Prosedur ini akan membunuh bakteri, mengkoagulasi protein, menghilangkan sisa kalsium karbonat, dan mendokoposisi residu karbohidrat.

5. Produksi Enzim

Enzim yang disolasi dari mikroorganisme dapat diaplikasikan pada berbagai macam industri, seperti Enzim protease yang diisolasi dari bahan pembersih. Protease merusak dan melarutkan protein yang mengotori pakaian. Enzim yang dihasilkan untuk proses-proses industri meliputi protease, amilase, glukosa isomerase, glukosa oksidase, renin, pektinase, dan lipase. Empat macam enzim yang secara luas diproduksi oleh mikroorganisme adalah protease, glukamilase, α-amilase, dan glukosa isomerase.

Protease adalah enzim yang menyerang ikatan peptida molekul protein dan membentuk fragmen-frag-

men kecil peptida. Strain rekombinan *Basillus sp. GX6644* mensekresikan alkalin protease yang sangat aktif terhadap protein kasein susu. Dengan aktivitas tertinggi pada pH 11 dan temperatur 40–55°C. Strain rekombinan yang lain yaitu *Basillus sp. GX6638* mensekresi beberapa alkalin protease yang aktif pada kisaran pH yang cukup luas (8–12). Fungi yang memproduksi protease adalah spesies Aspergillus. Protease yang dihasilkan oleh fungi memiliki kisaran pH yang lebih luas dibandingkan protease yang diproduksi oleh bakteri.

Amilase digunakan dalam produksi detergen dan bir. Ada beberapa tipe amilase, seperti α-amilase yang digunakan untuk mengubah pati menjadi maltosa dan dekstrin, glukamilase yang mengubah pati menjadi glukosa. Ketiga enzim di atas digunakan untuk memproduksi sirop dan dekstrosa dari pati. Produksi amilase menggunakan fungi *Aspergillus sp. Aspergillus oryzae* yang digunakan untuk memproduksi amilase dari gandum pada kultur stasioner. *Bacillus subtilis* dan *Bacillus diastaticus* digunakan untuk memproduksi amilase bakteri.

Glukosa isomerase mengubah glukosa menjadi fruktosa yang dua kali lebih manis dibandingkan sukrosa dan 1,5 kali lebih manis dibandingkan glukosa, sehingga fruktosa merupakan bahan pemanis yang sangat penting pada industri makanan dan minuman. Enzim ini diproduksi oleh *Bacillus coagulan, streptomyces sp.*, dan *Nocardia sp.*

Renin merupakan enzim penggumpal susu yang mengkatalisis koagulasi susu dalam industri pembuatan keju. Enzim ini diproduksi oleh *Mucor pussilus.*

Enzim mikroorganisme juga digunakan dalam produksi polimer sintetis. Industri plastik saat ini, misalnya, menggunakan metode kimia untuk mereduksi *alkene oxidan* yang digunakan untuk memproduksi plastik. Produksi *alkene oxidan* dari mikroorganisme melibatkan aksi tiga enzim, yaitu piranose-2-oksidase dari fungi *Oudmansiella mucida*, enzim haloperoksidase dari fungi *Caldariomyces sp.*, dan enzim epoxidase dari *falvobacterium sp*.

Pada produksi enzim yang stabil terhadap panas, DNA polimerase sangat penting dalam proses amplifikasi DNA. Reaksi rantai polimerase sangat penting bagi diagnosis kesehatan, forensik, dan penelitian biologi mulekular. Kultur *Thermus aquacitus* dan mikroorganisme termofilik yang direkayasa secara genetis mengandung gen untuk taq DNA polimerase dari *Thermus aquaticus,* digunakan untuk membuat DNA polimerase rekombinan yang stabil terhadap panas, yakni amplitaq.

6. Produksi Alkaloid Ergot

Alkaloid, beberapa di antaranya dapat dimanfaatkan untuk terapi, umumnya diperoleh dari tanaman, namun alkaloid ergot dihasilkan dari fungi. Alkaloid ergot pertama kali diperoleh dari sklerotium Ascomycetes, yaitu *Claviceps purpurae*. Istilah ergot digunakan untuk menunjukkan bahwa alkaloid jenis ini dihasilkan oleh fungi. Alkaloid ergot dibedakan menjadi dua kelompok berdasarkan atas kandungan asam lisergat dan clavin. Alkaloid asam glisergat hanya diproduksi oleh genus Claviceps, sedangkan alkaloid clavin ditemukan pada genus Aspergillus, penicillium, dan Rhizobium. Alkaloid ergot digunakan untuk menstimulasi sistem saraf simpatik. Beberapa alkaloid lisergat, seperti halnya ergotamin dan ergobasin, digunakan pada terapi kandungan, yaitu untuk mengkontraksi uterus pada saat proses melahirkan untuk mengkontraksi uterus postpatu.

D. VAKSIN

Vaksin merupakan jenis obat preventif (pencegahan), yaitu yang digunakan agar manusia atau hewan terhindar dari infeksi mikroba (jasad renik) patogen tertentu. Vaksin merupakan jasad renik patogen (mikroba patogen) yang telah dilemahkan, kemudian dimasukkan ke tubuh manusia atau hewan. Vaksin disebut pula sebagai antigen (penyebab munculnya zat-zat anti). Manusia atau hewan yang dimasuki vaksin ini akan memberi respons berupa munculnya antibodi (zat-zat anti) yang mampu mencegah masuknya mikroba patogen ke tubuhnya. Dengan demikian, manusia atau hewan akan terhindar dari infeksi penyakit tersebut.

Sabda Rasulullah, "Manfaatkanlah masa sehatmu sebelum masa sakitmu datang," mengisyaratkan bahwa mencegah lebih baik daripada mengobati.

Jasad renik banyak digunakan dalam pembuatan vaksin, yang sangat menolong dalam usaha mencegah munculnya wabah berbagai tipe penyakit menular. Nama vaksin berasal dari bahasa latin "vacca" yang berarti sapi. Hal ini karena saat pertama kali diproduksi, vaksin untuk penyakit cacar (smallpox), perbanyakan jasad reniknya menggunakan medium sapi.

Berdasarkan tipe jasad renik dalam campuran pembuatannya, vaksin dibagi menjadi empat kelompok besar, yaitu:

1. *Live vaccines* dibuat dari jasad renik patogen yang dilemahkan. Vaksin yang dihasilkannya akan menyebabkan penerima mendapat imunitas jangka panjang.
2. *Inactivate vaccines* adalah vaksin

yang dibuat dari jasad renik patogen mati. Vaksin ini menyebabkan imunitas jangka pendek.

3. *Toxoid* adalah vaksin yang dibuat dari bahan dasar substansi yang diproduksi oleh jasad renik patogen.
4. Vaksin yang tidak dibuat menggunakan seluruh bagian dari organisme patogen, namun hanya dari bagian-bagiannya (*subunit mixture*)

1. Produksi Vaksin

Vaksin diproduksi oleh strain mutan patogen virulen tanpa menghilangkan antigen yang diperlukan untuk menimbulkan respons imun. Perkembangan bidang bioteknologi memungkinkan produksi seluruh vaksin baru. Beberapa vaksin baru ini ditujukan bagi target baru, dan beberapa lagi lebih efektif dan memiliki efek samping lebih sedikit dibandingkan vaksin tradisional yang ada saat ini.

Untuk menghasilkan vaksin terhadap penyakit yang disebabkan oleh virus, strain virus ditumbuhkan dengan menggunakan telur ayam tertunas. Individu yang memiliki alergi terhadap telur ayam tidak dapat diberi vaksin yang dibuat dengan cara seperti ini. Vaksin virus juga dapat diproduksi melalui kultur jaringan. Misalnya, vaksin rabies tradisional diproduksi pada telur bebek tertunas dan memiliki efek samping yang sangat menyakitkan. Vaksin ini digantikan oleh produksi vaksin melalui kultur jaringan fibroblas manusia yang memiliki efek samping lebih sedikit.

Produksi vaksin yang efektif mencegah infeksi oleh bakteri, fungi, dan protozoa melibatkan pertumbuhan strain mikroorganisme pada media artifisial yang meminimalkan gangguan berupa respons alergi. Vaksin yang diproduksi secara komersial harus diuji dan distandardisasi sebelum digunakan. Tujuannya adalah agar tidak terjadi *outbreak* (wabah) penyakit akibat introduksi vaksin, seperti yang pernah terjadi pada tahun 1976 akibat introduksi vaksin *swine influenza*.

Vaksinasi adalah cara tata kelola pengenalan material antigenik (yang disebut vaksin) dengan cara memasukkannya ke dalam tubuh orang sehat. Tujuannya adalah merangsang sistem imun seseorang bekerja untuk penyakit tertentu. Vaksin dibuat dari jasad renik penyebab penyakit tertentu yang sudah mati atau tidak aktif sehingga tidak dapat memicu sakitnya penerima vaksin tersebut. Cara ini memungkinkan sistem imun memperoleh "lawan berlatih" dengan antigen yang lemah, sehingga selalu "ingat" terhadap antigen itu. Dengan selalu "ingat" terhadap antigen itu, secara cepat sistem imunitas tubuh akan ter-

bentuk dan membentuk pertahanan tubuh dengan baik saat benar-benar diserang.

Cacar adalah penyakit menular pertama yang pencegahannya dilakukan dengan menginfeksi diri dengan sengaja. Vaksin cacar mulai diteliti dan diproduksi pada 1769 di Inggris, dan dilanjutkan oleh Louis Pasteur secara besar-besaran. Sejak saat itu cara imunisasi yang dilakukan diberi nama vaksinasi. Selain penyakit cacar, sistem vaksinasi ini sudah banyak dilakukan terhadap berbagai penyakit lainnya, antara lain penyakit influenza, polio, cacar air, dan tetanus.

Semakin banyak masyarakat dunia yang diberi vaksin untuk penyakit tertentu, maka kemungkinan punahnya penyakit tersebut dari muka bumi makin besar. Misalnya saja, penyakit cacar telah dideklarasikan hilang oleh badan dunia tentang kesehatan (WHO) pada 1979. Artinya, semua orang sudah imun terhadap penyakit cacar sehingga secara teoretis tidak akan lagi ada orang yang terkena penyakit cacar. Penyakit ini sebelumnya dikenal sangat mematikan. Pada abad ke-20 saja penyakit ini diperkirakan telah merenggut nyawa 300–500 juta orang.

2. Pembuatan Vaksin Meningitis

Vaksin meningitis dibuat dari mikroba patogennya, yaitu bakteri *Nesserichia meningitidis*. Ini adalah bakteri patogen yang akan merusak selaput otak manusia. Pembuatan vaksin ini dilakukan dengan menumbuhkan sel-sel bakteri *N. menginitidis* pada media pertumbuhan. Tujuannya adalah agar sel-sel bakteri tersebut tumbuh "sehat" dan banyak sehingga dapat dibuat untuk menghasilkan vaksin. Penumbuhan bakteri dilakukan dalam dalam "piring kaca petri" (*petri dish*), yang berisi makanan bagi pertumbuhan bakteri. Makanan tersebut terdiri dari medium kaldu padat: *Mueller Hinton Medium* (MHM) dan *Tryptic Soy Broth* (TSB).

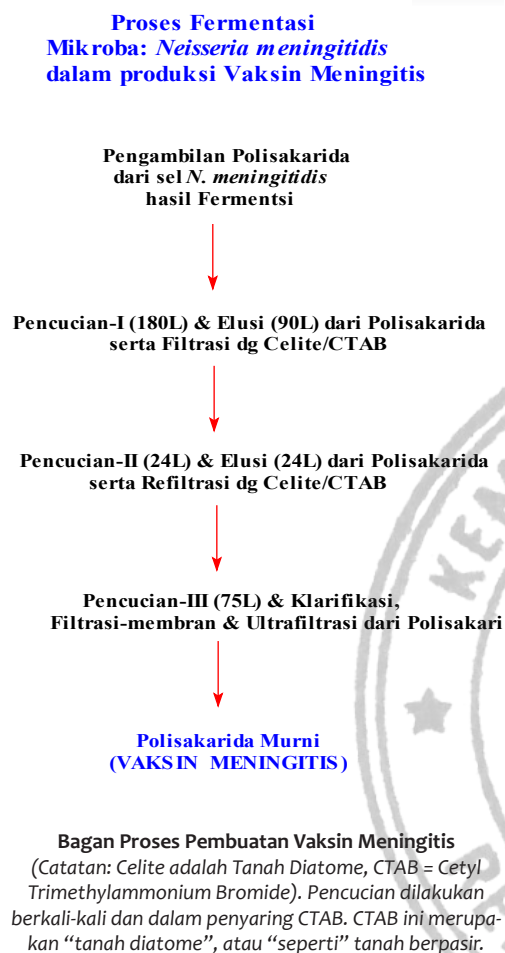
MHM berisi *porcine pancreatic enzyme* (enzim pankreas babi), yang berfungsi melakukan digesti protein-protein yang ada di medium kaldu tersebut, yang berasal dari beberapa sumber, antara lain *bovine skeletal muscle*. Adapun TSB merupakan makanan untuk bakteri, yang terdiri dari campuran beberapa peptida dan asam-asam amino yang berasal dari susu sapi (*bovine milk*).

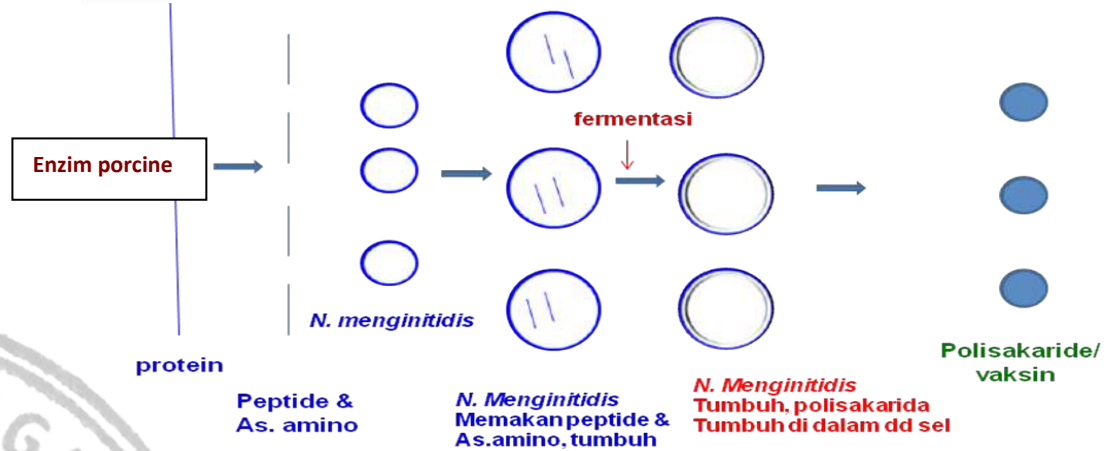
Peptida atau asam-asam amino hasil digesti protein (asal: a.l. *bovine skeletal muscle*) oleh *porcine pancreatic enzyme* inilah yang menjadi makanan bakteri *N. meningitidis*, sehingga tumbuh menjadi sel-sel yang kuat dan baik. Dengan demikian, *Procine pancreatic enzyme* hanya berfungsi sebagai "gunting" untuk memecah rantai

panjang protein menjadi peptida rantai pendek dan asam-asam amino. *Porcine pancreatic enzyme* ini tidak dimakan oleh bakteria tersebut. Jadi sel-sel bakteria *N. meningitidis* (penghasil vaksin) tidak memakan enzim pankreas babi tersebut. Dengan kata lain, enzim pankreas babi tersebut hanya bersinggungan dengan sel-sel *N. meningitidis*.

Sel-sel bakteri setelah mengalami fermentasi, kemudian dipecah, dan polisakarida yang ada di dinding selnya diambil. Polisakarida inilah yang digunakan sebagai antigen atau vaksin. Logikanya, polisakarida ini tidak bersinggungan baik langsung maupun tidak langsung dengan enzim babi tersebut.

Polisakarida tersebut kemudian mengalami pemurnian dengan cara pencucian dan penyaringan beberapa kali untuk mendapatkan polisakarida (vaksin) yang murni. Pencucian sel-sel bakteri *N. meningitidis* hasil fermentasi ini dilakukan berkali-kali dan dalam penyaring yang menggunakan bahan *celite*. *Celite* ini merupakan tanah diatome yang sifatnya seperti tanah "berpasir". Nama kimianya adalah *Cetyl Trimethylammonium Bromide*.

Jadi jelaslah bahwa bakteri *N. meningitidis* tersebut tidak memakan *porcine*, melainkan hanya bersinggungan. Jika ditengarai bahwa bakteri tersebut telah bersinggungan dengan *porcine*, maka pencucian berkali-kali termasuk dengan tanah diatome merupakan cara untuk menyucikan benda yang telah bersinggungan dengan bahan najis.

Bagan Proses Pembuatan Vaksin Meningitis
(Catatan: Celite adalah Tanah Diatome, CTAB = Cetyl Trimethylammonium Bromide). Pencucian dilakukan berkali-kali dan dalam penyaring CTAB. CTAB ini merupakan "tanah diatome", atau "seperti" tanah berpasir.

Gambar 6.1 menjelaskan peranan *porcine* (enzim pankreas babi) yang hanya sebagai "gunting", dan bukan sebagai makanan bakteri *N. meningitidis*. *Porcine* (garis kuning) "menggunting" protein rantai panjang (garis

Gambar 6.1
Proses Produksi Vaksin Meningitis. (Dari berbagai sumber)

biru) menjadi protein rantai pendek: peptida dan asam amino. Peptida dan asam amino inilah yang dimakan oleh bakteri *N. menginitidis*, sehingga tumbuh besar dan sehat. Bakteri ini kemudian difermentasi, dan kemudian polisakaridanya diambil dan digunakan sebagai vaksin.

Saat ini, PT. Biofarma, sebuah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) telah berhasil memproduksi vaksin meningitis tanpa menggunakan atau melibatkan unsur babi. Dengan keberhasilan ini, problem impor vaksin dari luar negeri, yang dalam pembuatannya lazim bersinggungan dengan unsur babi, dapat diatasi atau dihindari.

3. Produksi Hormon, Interleukin, Antibiotik, dan Protein Manusia

Perkembangan teknologi produksi obat berbasis pada proses rekayasa genetika dengan memanfaatkan jasad renik telah meningkatkan peran industri farmasi dalam produksi protein manusia. Melalui teknik rekombinasi DNA, sekuens DNA manusia yang mengkode atau menyandi berbagai protein dapat digabungkan dengan genum bakteri, dan dengan menumbuhkan bakteri rekombinan dalam fermentor, maka protein manusia dapat diproduksi secara komersial.

Hormon manusia, insulin, mutlak diperlukan oleh manusia. Insulin merupakan hormon polipeptida yang dihasilkan oleh pulau-pulau Langerhans di kelenjar pankreas yang berfungsi mengatur metabolisme karbohidrat. Karbohidrat dalam makanan dikonversi menjadi monosakarida glukosa, yaitu karbohidrat pokok dalam darah. Beberapa karbohidrat seperti fruktosa dan selulosa dapat digunakan sebagai

energi sel namun tidak dikonversi menjadi glukosa dan tidak dapat berpartisipasi dalam mekanisme pengaturan metabolisme glukosa.

Insulin dilepaskan oleh sel beta (sel β) pada pankreas sebagai respons naiknya kadar glukosa darah, pada saat setelah makan. Insulin memungkinkan sel-sel tubuh menyerap glukosa dari darah untuk digunakan sebagai sumber energi, diubah menjadi molekul lain yang diperlukan, atau untuk disimpan. Insulin juga merupakan sinyal kontrol utama konversi glukosa menjadi glikogen untuk penyimpanan internal di hati dan sel otot. Bila jumlah insulin yang tersedia tidak mencukupi, sel tidak merespons adanya insulin (tidak sensitif atau resisten insulin), atau bila insulin itu sendiri tidak diproduksi oleh sel-sel beta akibat rusaknya sel-sel beta pada pankreas, maka glukosa tidak dapat dimanfaatkan oleh sel tubuh ataupun disimpan dalam bentuk cadangan makanan dalam hati maupun sel otot. Akibat yang terjadi adalah peningkatan kadar glukosa dalam darah, penurunan sintesis protein, dan gangguan proses-proses metabolisme dalam tubuh.

Insulin diperlukan bagi penderita *diabetes melitus*, suatu penyakit gangguan metabolisme karbohidrat, khususnya penderita *diabetes melitus* tipe 1 yang memerlukan asupan insulin eksogen. Pada mulannya, sumber insulin untuk penggunaan klinis pada manusia diperoleh dari pankreas sapi, kuda, babi, maupun ikan. Insulin yang diperoleh dari sumber-sumber tersebut efektif bagi manusia karena identik dengan insulin manusia. Hanya terdapat perbedaan 3 asam amino antara insulin sapi dengan insulin manusia, dan hanya terdapat perbedaan sebesar 1 asam amino antara insulin babi dengan insulin manusia.

Disebabkan mekanisme reaksi alergi yang timbul akibat menggunakan insulin dari hewan (sapi, babi, ikan, maupaun kuda) dalam jangka waktu lama khususnya penderita *diabetes melitus* tipe 1, maka insulin dari manusia mulai diproduksi melalui teknik rekayasa genetika.

Perusahaan farmasi AS, Eli Lilly, memasarkan produk insulin manusia yang pertama, Humulin, pada 1982. DNA manusia yang mengkode atau menyandi terbentuknya insulin dipotong dan disisipkan ke dalam vektor (contohnya plasmid) yang selanjutnya ditransformasi ke dalam sel bakteri *Escherichia coli* sebagai inang. Sel inang tumbuh dan bereproduksi secara normal, dan karena terdapat DNA manusia yang disisipkan, maka sel inang tersebut otomatis akan menghasilkan insulin manusia. Proses serupa juga dilakukan pada produksi inter-

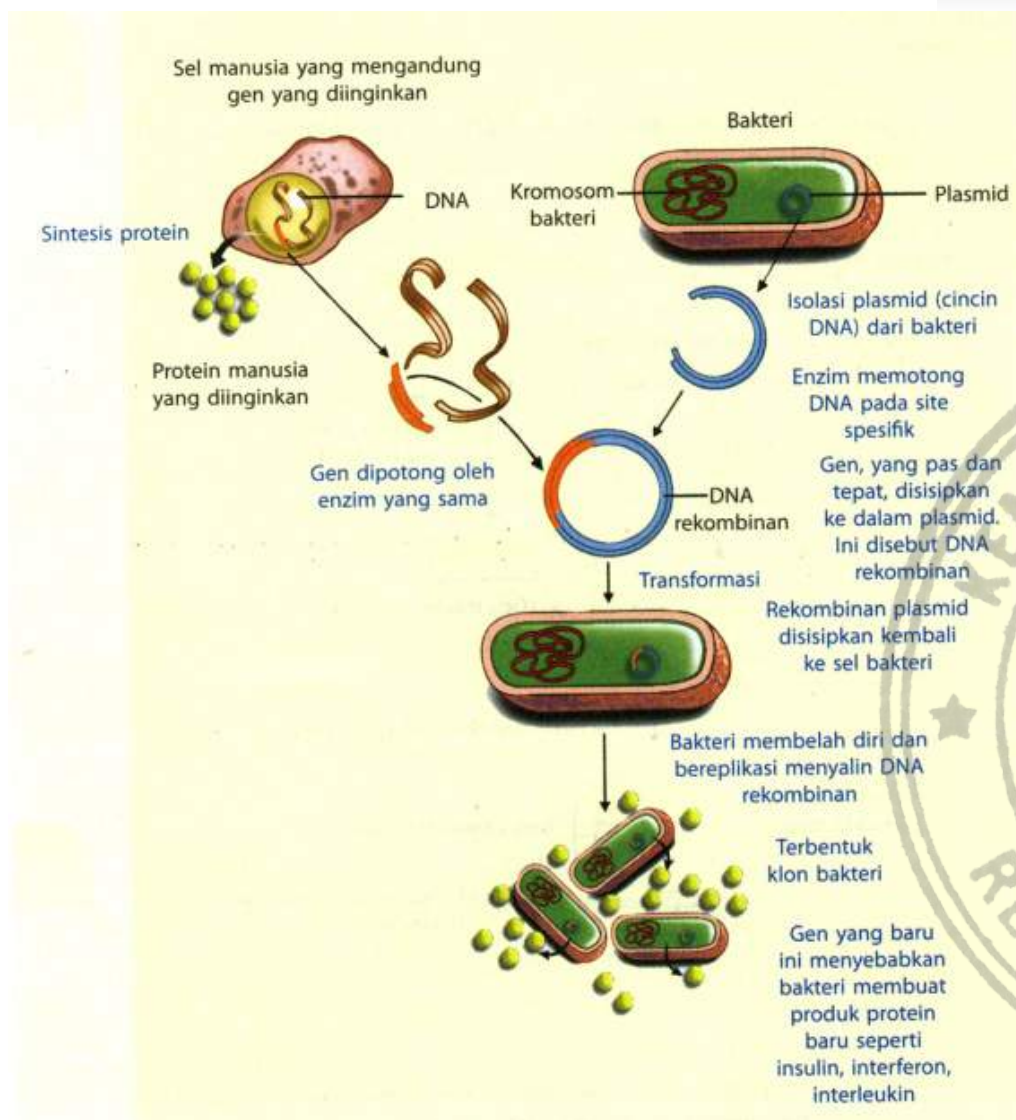
feron, hormon pertumbuhan manusia (tumour necrosis factor,TNF) dan interleukin-2 (IL-2).

Hormon petumbuhan TNF digunakan untuk mengobati dwarfisme (cebol) akibat kekurangan hormon ini. IL-2, TNF dan IFN merupakan komponen penting respons imunitas alami manusia, dan produksinya terbukti berguna untuk mengobati berbagai penyakit. Misalnya, IFN penting dalam pertahan-an terhadap infeksi virus dan pengobatan akibat infeksi virus. TNF adalah substansi alami yang dihasilkan tubuh dalam jumlah kecil oleh sel darah putih tertentu yang disebut makrofag, berfungsi membunuh beberapa sel kanker dan mikroorganisme infeksius tanpa mempengaruhi sel-sel normal. Produk rekombiana lainnya adalah aktivator plasminogen jaringan (alteplase) yang merupakan protein yang tersusun atas 527 asam amino yang digunakan untuk mengobati penderita serangan jantung.

Proses penggunaan gen manusia dalam penyembuhan berbagai penyakit sebagaimana telah disebutkan di atas dapat digambarkan dengan singkat pada Gambar 6.2.

Dengan menggunakan teknik rekayasa genetika ini, insulin manusia yang disebut dengan berbagai nama dagangnya, antara lain Humulin, telah dapat diproduksi dalam skala industri. Dengan demikian, masalah yang sering dihadapi umat Islam penderita diabetes dalam memilih jenis insulin—apakah insulin babi atau sapi—telah dapat diatasi.

Teknologi rekayasa genetika, dengan demikian, ternyata dapat pula digunakan untuk mengatasi problem yang muncul dalam pemilihan obat dalam suatu pengobatan pasien. Pada era sebelum penemuan teknologi rekayasa genetika, obat seperti insulin yang sangat dibutuhkan oleh penderita *diabetes melitus*, hanya dapat disediakan insulin babi atau insulin sapi. Berbeda dengan masa sekarang, di mana melalui teknologi rekayasa genetika, insulin manusia telah mampu dibuat bahkan diproduksi secara besar-besaran. teknologi rekayasa genetika telah memberikan maslahat bagi umat manusia, termasuk khususnya umat Islam.

Perlu pula diperhatikan bahwa aplikasi teknologi rekayasa genetika ini memerlukan pertimbangan etika atau bioetika yang cermat, yakni untuk mengetahui apakah aplikasi teknologi ini akan membawa maslahat atau justru akan menimbulkan mudarat pada manusia maupun makhluk lain. Pemindahan gen fosforisensi dari serangga kunang-kunang ke makhluk lainnya, antara lain ke jamur (tumbuhan tingkat rendah), tikus, monyet (mamalia) bahkan tumbuhan tingkat tinggi, akan me-

Gambar 6.2
Gambar ini menunjukkan bagaimana proses teknologi rekayasa genetika dilakukan. DNA manusia, yang mengkode proses sintesis protein tertentu (misal: insulin, interferon, dll.) diambil. DNA yang mengkode sintesis protein tersebut dipotong. Sementara itu, plasmid (DNA Sirkuler) bakteri diambil, dan pada plasmid itu disisipkan DNA manusia yang mengkode protein tertentu tersebut. Plasmid yang telah disisipi DNA manusia, dikembalikan lagi ke dalam bakteri. Jika Bakteri tersebut difermentasi, ia akan menghasilkan protein manusia. (Dari berbagai sumber)

nyebabkan organisme tersebut berpendar (fosforisensi) (lihat Gambar 6.3). Apakah ini manfaat atau mudarat? Dalam hal ini perlu pertimbangan bioetika yang berbasis pada panduan agama, mengingat umat manusia adalah khalifah Allah di bumi ini. Sebagai khalifah, manusia ditugasi melestarikan semua ciptaan Allah, bukan mengacaukan atau merusaknya. []

Gambar 6.3
Gambar di atas adalah organisme yang telah mengalami rekayasa genetika dalam gennya. Gen fosforisensi yang dimasukkan ke organisme tersebut, dan terekspresi. Dari kiri atas searah jarum jam: tumbuhan tingkat tinggi, jamur, tikus-tikus, dan monyet yang semuanya berpendar. Tidak jelas untuk tujuan apa hal ini dilakukan. (Dari berbagai sumber)

BAB VII
PERAN JASAD RENIK DALAM EKOSISTEM

Secara umum, dampak kehadiran jasad renik dalam suatu ekosistem dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Memproduksi oksigen. Hampir selu-ruh oksigen di atmosfer saat ini berasal dari bakteri dan diproduksi di lautan. Organisme yang bertanggung jawab adalah kelompok Cyanobacteria.
2. Mendaur ulang nutrien yang disimpan dalam bentuk organik menjadi bentuk anorganik.

Proses dekomposisi atau daur ulang mampu melepaskan nutrisi dalam bentuk mineral (antara lain N, P, dan K) dari ikatan material organik menjadi material anorganik yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai produsen pertama. Tanpa proses daur ulang ini, proses pada produsen pertama itu akan berhenti.

Di daratan, proses dekomposisi (dinamakan juga proses mineralisasi) material organik mati kebanyakan terjadi di permukaan tanah. Kecepatan dekomposisi berbanding lurus dengan tingginya tingkat kelembapan udara dan suhu. Peran jamur sebagai dekomposer sangat penting di sistem daratan, namun hampir tidak berperan sama sekali di lingkungan perairan. Jamur renik mulai hadir dan berperan sebagai dekomposer (utamanya material selulosa dan lignin) mulai saat daun atau material tumbuhan masih hidup dan menempel pada tumbuhan hidup.

Perannya berlanjut saat daun atau material pohon lainnya gugur dan masuk ke lingkungan tanah. Peran jamur renik dilanjutkan oleh bakteri.

Di perairan, dekomposisi terjadi secara aerobik (menggunakan juga jasa oksigen) dan anerobik (tidak menggunakan oksigen dalam proses daur ulangnya). Dekomposisi secara aerobik umumnya terjadi pada daur ulang material organik yang mengambang di permukaan dan kolom air yang masih mengandung oksigen di laut dan perairan tawar. Sedangkan material yang terbenam di dasar perairan yang sangat sedikit atau sama sekali bebas dari oksigen, seperti di dasar sungai, kolam, rawa, danau, atau lautan, dilakukan secara anaerobik.

Pada laut terbuka yang rata-rata mencapai kedalaman hingga 3.900 meter, sebagian besar kolom airnya mengandung oksigen. Dengan demikian, material organik yang terutama ada dalam bentuk alga renik akan didaur ulang secara aerobik, jauh sebelum material renik ini mencapai dasar lautan yang langka oksigen. Diperkirakan hanya 2% dari seluruh material organik renik yang ditemukan di permukaan laut akan mencapai kolom air sedalam 3.500 meter.

Tentu saja akibat lain dari proses dekomposisi, di samping tersedianya nutrisi anorganik juga memproduksi gas CO_2 dan CH_4 yang membentuk komposisi atmosfer seperti yang ada saat ini.

A. MENANGKAP DAN MENGUBAH GAS NITROGEN DI ATMOSFER

Bakteri adalah satu-satunya kelompok organisme yang mampu menangkap gas N_2 dari atmosfer, dan mengubahnya (istilah yang digunakan adalah fiksasi N) menjadi NH_3, suatu bentuk nitrogen yang dapat langsung dimanfaatkan makhluk hidup. Jenis-jenis bakteri yang dapat melakukan fiksasi N tersebar di banyak kelompok, di antaranya dalam kelompok Cyanobacteria. Semua jenisnya menggunakan mekanisme dan enzim yang sama dalam melakukan fiksasi N. Kemampuan ini kemungkinan berkembang sekali saja dalam proses evolusinya, dan tidak berubah selamanya.

Dalam usaha bakteri melakukan fiksasi N diperlukan "ongkos" yang besar. Hal ini tidak mungkin terjadi tanpa adanya kerja sama dengan makhluk hidup lain, seperti antara bakteri yang melakukan fiksasi N dan tumbuhan. Tumbuhan akan membantu bakteri dengan karbohidrat untuk hidupnya, sehingga energi bakteri dapat dikonsentrasikan untuk memproduksi enzim yang diperlukan untuk proses fiksasi N. Di sisi yang lain, tumbuhan

akan memperoleh nitrogen yang merupakan salah satu nutrien paling penting baginya. Simbiosis yang saling menguntungkan antara lain terjadi dengan jasad renik lain seperti diatom atau beberapa jenis jamur renik dan lumut. Tumbuhan yang mempunyai bintil akar adalah kelompok tumbuhan tingkat tinggi yang banyak bekerja sama dengan bakteri yang mampu melakukan fiksasi N. Beberapa hewan juga diciri dapat bekerja sama, di antaranya rayap dan kerang yang dikenal dengan nama “shipworms”.

B. MEMBANTU HEWAN HERBIVORA MENCERNA MAKANAN BERKUALITAS BURUK

Hewan pemakan tumbuhan alias hewan herbivora, terutama yang hidup di daratan, diketahui tidak memiliki enzim yang dapat memecah selulosa, lignin, dan bentuk serat lain yang ada pada tumbuhan. Tumbuhan juga sering memiliki kandungan racun atau getah dan duri yang mempersulit hewan herbivora untuk mencernanya. Di samping itu, tumbuhan juga tidak dapat memenuhi kepentingan hewan akan nutrisi mineral (khususnya P dan N).

Hewan herbivora mengatasi hal ini dengan cara mekanik maupun dengan bantuan jasad renik di saluran pencernaan yang memproduksi berbagai enzim yang dapat membantu proses pencernaan dan pemanfaatan material tumbuhan untuk kehidupannya.

Hewan ruminansia, seperti sapi, kerbau, kambing, domba, kijang, jerapah, dan sejenisnya, mengunyah material tumbuhan berkali-kali, mengalirkannya ke dalam bagian pencernaan yang bernama rumen bersama dengan banyak air ludah. Rumen dapat disamakan dengan fermentor pada pabrik. Material karbohidrat yang kompleks dari tumbuhan difermentasi dan diubah menjadi gas metan, karbondioksida, dan asam lemak. Semua “dikerjakan” oleh kelompok besar jasad renik penghuni rumen, di antaranya bakteri (dengan jumlah 10^{11}/mililiter), protozoa (10^5–10^6/mililiter), dan jamur renik (masih belum diketahui jumlahnya). Saat di dalam rumen, sekitar 60–65% energi yang ada pada material tumbuhan akan diserap tubuh. Sisa material tumbuhan akan dilewatkan ke usus kecil dan usus besar untuk menjalani fermentasi tahap kedua. Dari proses fermentasi ini akan diperoleh lagi tambahan energi sekitar 8–30%.

Hewan lain yang melakukan proses serupa adalah rayap. Rayap memiliki “peliharaan” berupa protozoa pada saluran pencernaannya. Protozoa mampu membantu mencernakan selulosa (yang menjadi makanan uta-

ma rayap). Beberapa jenis rayap juga dikenal "memelihara" jenis bakteri yang mampu melakukan fiksasi nitrogen, sehingga rayap dapat memanfaatkan nitrogen bebas untuk keperluan hidupnya.

C. MEMBANTU AKAR TUMBUHAN MENYERAP LEBIH BANYAK NUTRIEN

Akar tumbuhan pada suatu saat tertentu akan menyerap habis nutrien pada suatu luasan tertentu. Untuk dapat mencapai kawasan lain yang lebih luas, akar lalu tumbuh dan merambah kawasan yang lebih luas. Untuk itu, bagian ujung akar akan melengkapi dirinya dengan menumbuhkan rambut atau akar halus.

Cara lainnya adalah dengan bekerja sama dengan beberapa jenis jamur renik Mycorrhiza yang memiliki *hyphae*, semacam rambut halus yang panjang dan sangat efisien dalam menyerap nutrien di tanah. Mycorrhiza "dipelihara" di permukaan atau di dalam akar dan memanfaatkan kemampuan *hyphae* jamur renik untuk lebih memperoleh nutrisi dari tanah sekitarnya.

Keuntungan lain bagi tumbuhan yang bekerja sama dengan jamur renik adalah bahwa *hyphae* dapat mengeluarkan enzim yang dapat memecah molekul organik. Dengan begitu, akar tanaman akan memperoleh molekul anorganik hasil pemecahan dengan lebih mudah.

Jasad renik juga menjadi komponen penting dalam rantai makanan yang terbentuk dalam suatu ekosistem. Dalam rantai makanan terdapat berbagai tingkat yang disebut dengan *Trophic Levels*. Tingkat pertama berisi tumbuhan yang melakukan fotosintesis untuk memperoleh nutrisinya. Organisme yang memakan tumbuhan menjadi tingkat kedua dalam rantai makanan. Organisme dalam tingkat ketiga adalah mereka yang memangsa organisme tingkat kedua; demikian selanjutnya. Dalam kenyataannya, ada jenis-jenis yang, misalnya, memanfaatkan organisme dari banyak tingkatan, seperti manusia (yang memakan tumbuhan hingga tingkat yang tertinggi, seperti beruang atau singa). Contoh tingkatan jaringan makanan di tanah dapat dilihat pada Tabel 5 di samping.

Di samping peran jasad renik secara alami yang banyak mendukung kehidupan di bumi ini, manusia telah banyak memanfaatkannya, di antaranya, sebagaimana telah dikemukakan pada bab sebelumnya, dalam bidang kesejahteraan, pangan, dan kesehatan. Hal lain yang akan dikemukakan di sini adalah dalam kaitannya dengan peningkatan kualitas lingkungan hidup

Tabel 5
Tingkatan-tingkatan dalam rantai makanan.

TROPHIC LEVELS	KETERANGAN
Tingkat pertama	Tumbuhan yang memperoleh nutrisinya dengan cara fotosintesis dan menghasilkan sampah organik. Di samping tumbuhan tingkat tinggi, kontribusi utamanya datang dari kelompok tumbuhan renik, seperti alga yang terkumpul dalam bentuk fitoplankton di lautan dan perairan darat. Jasad renik bakteri (yang sebagain besar jenisnya tidak mampu melakukan fotosintesis) ada yang dapat melakukan aktivitas fotosintesis dan menjadi bagian besar pada tingkat *trophic* ini. Jenis-jenis yang melakukan fotosintesis adalah bakteri kelompok *Cyanobacteria* (sebelumnya disebut *blue green algae*) dan *Actinomycete*s (bakteri berfilamen yang memberikan bau khas tanah).
Tingkat kedua	Terdiri atas cacing nematoda (pemakan akar tumbuhan), organisme pengurai (jamur renik menguraikan sampah organik dan akar tumbuhan), organisme yang bekerja sama dan saling menguntungkan (jamur renik *Mychorryza* dan bakteri penangkap nitrogen), jasad renik patogen (bakteri, virus, protozoa, jamur renik penyebab penyakit), jasad renik parasit (bakteri, protozoa, jamur renik yang merugikan organisme lain), pemakan akar (jamur renik yang menginfeksi akar tumbuhan). Jamur *(fungi*) adalah organisme dengan banyak sel (*multicellular*), tidak melakukan fotosintesis; bukan tumbuhan maupun hewan. Selnya membentuk jaringan semacam cambuk yang disebut *hyphae*. Beberapa jenis membentuk organ perkembangan, seperti bagian yang melebar pada cendawan (*mushroom*) yang berisi spora. Beberapa kelompok jamur bersel satu dan termasuk jasad renik, seperti ragi (*yeast*). Jamur *Saprofit* berperan dalam penguraian material organik mati. Sedang jamur *Mychorryza* adalah jamur renik yang berasosiasi dengan akar, di mana jamur memperoleh energi dari tumbuhan, sedang jamur menyumbang nutrisi kepada tumbuhan.
Tingkat ketiga	Serangga (pemakan jamur renik, bakteri, dan cacing nematoda), cacing nematoda, dan banyak jasad renik berupa protozoa (amoeba, flagelata, ciliate).
Tingkat keempat	Cacing nematod predator (memangsa protozoa, nematoda lain) dan serangga predator (memangsa nematoda dan serangga lain).
Tingkat kelima	Predator tingkat tinggi, seperti burung (pemangsa serangga) dan mamalia predator pengerat (pemangsa serangga).

manusia. Istilah yang digunakannnya adalah Bioremediasi.

Bioremediasi adalah suatu proses menghilangkan material penyebab pencemaran atau polusi dengan menggunakan jasad renik. Saat proses bioremediasi berlangsung, maka enzim yang diproduksi oleh jasad renik akan memecah dan memodifikasi efek racun dari material pencemar menjadi material yang tidak berbahaya. Dengan kata lain, terjadi biotransformasi (mengubah material biologi) yang berujung pada proses biodegradasi (mengubah struktur kompleks material polutan menjadi sederhana dan tidak berbahaya).

Proses bioremediasi banyak dilakukan untuk menangani buangan berbahaya, misalnya limbah industri dan pertambangan, seperti logam berat, hidrokarbon bahan minyak, dan senyawa organik yang terhaloginasi (antara lain pestisida, herbisida, dan sejenisnya). Banyak jasad renik telah diidentifikasi mempunyai kemampuan untuk melakukan tugas remediasi ini, seperti bakteri yang dikenal sebagai "pemakan minyak", namun persoalannya adalah belum adanya teknologi untuk tingkat komersialisasi. Hal ini disebabkan belum adanya jenis atau strain jasad renik yang mampu mendegradasi, sekaligus bertahan dalam waktu lama di lingkungan tersebut.

Penanggulangan limbah dengan bioremediasi dianggap paling efisien dan murah dibandingkan cara penanggulangan limbah lainnya (membakar, menimbun, memadatkan, dan teknologi-teknologi lainnya). Dengan bioremediasi, limbah di darat maupun perairan, baik yang berupa limbah organik maupun anorganik, akan diurai secara biologis. Teknologi demikian ini dianggap lebih ramah lingkungan, murah, dan fleksibel.

Beberapa jenis jasad renik yang potensial untuk menanggulangi pencemaran adalah:

1. Bakteri anaerobik *Desulfuromonas acetoxidans.* Ini adalah bakteri laut yang dapat hidup pada kondisi nir-oksigen; menggunakan sulfur dan besi sebagai sumber energi. Bakteri ini dapat digunakan dalam lingkungan yang terpolusi sulfur atau besi.
2. Bakteri *Bacillus subtillis* dan *Thiobacillus ferrooxidans.* Ini adalah jasad renik yang dapat digunakan untuk melakukan imobulasi di kawasan yang tercemar logam berat. Kedua jenis bakteri ini memang menggunakan logam berat sebagai nutrien bagi kehidupannya.
3. *Pseudomonas putida.* Bakteri ini dapat digunakan untuk menanggulangi pencemaran minyak di lepas pantai. Kelompok *Pseudomonas*

mampu mengonsumsi hidrokarbon yang merupakan bagian utama dari minyak bumi.

4. Limbah protein yang terdekomposisi menjadi nitrat, nitrit, dan amonia dapat mengakibatkan polusi dan mengganggu kesehatan. Beberapa jenis bakteri yang telah direkayasa dapat digunakan untuk menanggulanginya, seperti *Alcaligens faesalis* dan *Bacillus lichemifoemis*.
5. Limbah rumah tangga, pertanian, dan industri dapat diurai menggunakan bakteri kelompok Metanogen. Di samping mengurai limbah menjadi material yang tidak berbahaya, dari proses ini dihasilkan pula biogas yang sebagian besar berupa metana. Biogas dapat menjadi sumber energi alternatif untuk keperluan rumah tangga, seperti memasak dan penerangan.
6. Pabrik penghasil enzim, vitamin, karbohidrat, dan lipida akan menghasilkan limbah yang jauh lebih sedikit bila memanfaatkan jasad renik dalam proses produksinya, seperti *Bacillus thuringiensis* dalam memproduksi bioinsektisida, atau *Bacillus subtilis* untuk memproduksi pupuk biofosfor.
7. Bakteri kelompok Coruneform dan juga jenis-jenis *Arthobakteri* yang telah diaklimatisasi (dibiasakan hidup dalam media yang diinginkan) dapat digunakan untuk mengolah limbah yang mengandung PCP (*parachlorophenol*).
8. Beberapavirusdikembangkansebagai bioinfektan. Perannya adalah menginfeksi (melalui mekanisme bacteriophage) bakteri patogen dan membunuhnya. Hal ini akan mengurangi penggunaan insektisida kimia di bidang pertanian. []

BAB VIII
JASAD RENIK SEBAGAI SENJATA BIOLOGI

Senjata biologi (*biological weapons,* biasa disingkat dengan *bioweapon*, *bio-agent* atau hanya disebut dengan agen saja), adalah sebutan untuk semua organisme atau benda yang dapat memperbanyak diri (seperti bakteri, virus, atau jamur) atau racun yang dihasilkan organisme, yang digunakan dalam perang biologi (*biological warfare, germ warfare*) agar menginfeksi dan memperbanyak dirinya di dalam target yang dituju, baik manusia, hewan, atau tumbuhan.

Definisi secara rincinya adalah:

1. Jasad renik yang menginfeksi dan berkembang biak, serta menimbulkan penyakit pada tubuh target. Jasad renik (bakteri, protozoa, virus, jamur renik, dan sejenisnya) dapat berupa jenis alami atau merupakan hasil dari rekayasa genetika. Contoh klasik adalah penggunaan bakteri *Bacillus anthracis* yang menyebabkan penyakit anthrax.
2. Material bioaktif (*Biological Derived Bioactive Substances*) yang merupakan hasil metabolisme suatu organisme yang umumnya, walau tidak semuanya, berasal dari jasad renik. Termasuk di dalamnya adalah racun alami, termasuk yang dapat mengganggu perilaku normal, seperti hormon, neuropeptide, dan cytokines. Contohnya adalah penggunaan racun bakteri *Botulinum* atau yang disebut Botox.
3. Menggunakan bahan kimia yang strukturnya mirip dengan yang ada

di alam, atau dikenal dengan nama *Artificially Designed Biological-Mimicking Substances*. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, manusia mampu mengetahui mekanisme proses biologi dan memproduksinya dalam skala industri. Contohnya adalah produksi gas sarin. Saat ini manusia bahkan sudah dapat memproduksi racun untuk target yang spesifik, seperti memproduksi gas saraf yang hanya menyerang mereka yang berambut coklat dan bermata biru.

Banyak negara di dunia memiliki atau berusaha menggunakan agen-agen ini dalam usaha membunuh atau melukai seseorang atau sekelompok orang, dalam jangka pendek atau panjang. Apabila lingkungan tercemar oleh agen-agen ini, akibat yang ditimbulkannya akan terasa dalam jangka panjang.

Penggunaan senjata biologi akhirnya dilarang dalam Konvensi Jenewa pada 1925. Banyak tambahan kemudian dilakukan dalam BWC (Biological Weapons Convention) selanjutnya pada 1972, termasuk larangan memproduksinya dalam jumlah besar. Hingga 2011, negara yang meratifikasinya sudah mencapai 165 negara. Akan tetapi, Irak dan Uni Soviet masih terus melakukan penelitian tentang senjata biologi. Banyak negara lain saat ini melakukan penelitian dan percobaan dalam usaha menangkal agen-agen yang kemungkinan digunakan dalam perang biologi.

Penggunaan senjata biologi dalam peperangan telah dilakukan sejak masa Sebelum Masehi sampai saat ini. Beberapa di antaranya adalah:

1. Pada abad ke-6 Sebelum Masehi, pasukan Asiria telah melakukan siasat untuk meracuni sumber-sumber air yang digunakan lawannya. Racun yang digunakan adalah sejenis ragi dari jamur renik yang mengakibatkan efek "teler".
2. Pada tahun 184 Sebelum Masehi, pasukan Hanibal dari Kartagena "menembakkan granat" yang berupa bejana-bejana keramik yang berisi ular berbisa ke geladak kapal lawan.
3. Peracunan sumber air lawan juga dilakukan oleh pasukan Mongol dan Turki. Mereka melakukannya dengan membuang bangkai yang membusuk ke sumber air minum. Tercatat pada tahun 1346, tubuh mayat pasukan Mongol yang mati karena wabah penyakit dilemparkan ke dalam benteng Crimea di kota Kaffa yang sedang dikepungnya. Diduga, siasat ini memicu terjadinya wabah besar di Eropa yang disebut dengan nama "*Black*

Death". Perang terakhir yang tercatat menggunakan mayat-mayat yang terkena wabah sebagai senjata biologi dilakukan pada 1719 oleh pasukan Rusia saat menyerang kota Reval di Swedia. Inggris pernah dituduh menggunakan senjata biologi saat menyerang suku Indian Amerika pada Pontiac's War (1763–1766), dengan membagikan selimut yang telah dikontaminasi jasad renik penyebab cacar.

4. Pengetahuan yang makin maju perihal jasad renik telah memungkinkan manusia mengemas dengan lebih canggih senjata biologi yang digunakan dalam peperangan. Sabotase dengan bakteri penyebab penyakit anthrax, glanders, dan kolera, dilakukan Jerman dalam Perang Dunia I (1914–1918).
5. Pada Perang Dunia II, Jepang banyak melakukan eksperimen untuk mengembangkan senjata di Manchuria dengan menggunakan manusia sebagai objek percobaannya. Dipercaya percobaan ini memakan korban sebanyak 3.000 orang. Percobaan dilakukan dengan menggunakan bakteri penyebab anthrax, plaque, syphilis, dan agen lainnya.
6. Sejak 1942, AS melakukan berbagai percobaan untuk memproduksi senjata biologi. Di antaranya anthrax dan racun *Butolinum*.
7. Pada 1985, Iraq mengisi peluru kendalinya dengan anthrax, racun *Butolinum,* dan aflatoksin dalam perang melawan AS dan sekutunya.

Pada saat ini, banyak jenis jasad renik penyebab infeksi dan racun biologis digunakan dalam kegiatan yang dapat digolongkan sebagai bioterorisme. Beberapa kejadian yang tercatat antara lain:

1. Pada September–Oktober 1984, kelompok Bhgwan Shree Rajneesh meracuni restoran di Oregon, AS, dengan *Salmonella* yang menyebabkan timbulnya keracunan makanan di masyarakat.
2. Pada 1994, sekte Aum Shinrikyo berusaha menyebarkan anthrax melalui udara dari atas gedung pencakar langit di Tokyo.
3. Pada 1995, dua orang ditangkap karena bermaksud menggunakan racun *ricin* (yang dibuatnya sendiri) terhadap satu pemerintah daerah di AS. Pada tahun yang sama, satu orang ditangkap saat berusaha menyebarkan *bubonic plaque* melalui surat. Pada 2001, empat orang meninggal saat surat berisi anthrax dikirimkan kepada para petinggi pemerintah lokal melalui surat. Pada 2004 pernah ditemukan racun *ricin* di kamar seorang anggota senat di AS.

4. Pada 2002, enam orang ditangkap di Inggris karena mengelola laboratorium penghasil racun *ricin*. Di negara yang sama, pada 2003 polisi menangkap beberapa orang Chechen yang berencana menyerang Kedutaan Besar Rusia dengan racun.

Beberapa jasad renik yang diketahui "cukup baik" untuk dijadikan senjata biologi antara lain: *Bacillus anthracis*, *Brucella* spp., *Burkholderia mallei*, *Burkholderia pseudomallei*, *Chlamydophila psittaci*, *Coxiella burnetii*, *Francisella tularensis*, beberapa jenis kelompok Rickettsiaceae (terutama *Rickettsia prowazekii* dan *Rickettsia rickettsii*), *Shigella*spp., *Vibrio cholerae*, dan *Yersinia pestis*.

Beberapa virus dari kelompok Bunyaviridae (terutama virus Rift Valley Fever), virus Ebola, beberapa dari kelompok Flaviviridae (terutama virus Japanese encephalitis), virus Machupo, virus Marburg, virus Variola, dan virus Yellow fever merupakan kelompok yang dipilih untuk dijadikan senjata biologi. Sedangkan jamur renik yang banyak diteliti untuk maksud ini adalah jenis-jenis marga *Coccidioides*.

Walaupun diperkirakan lebih dari 1.200 agen biologi diciri dapat menyebabkan penyakit atau kematian, hanya beberapa saja di antaranya yang memiliki spesifikasi yang diperlukan untuk memenuhi syarat bagi penggunaannya dalam perang biologi atau terorisme, di antaranya kemudahan memperoleh, memproses, dan menggunakan. "Keuntungan" menggunakan agen biologis dalam peperangan adalah diperlukan sedikit saja agen untuk dapat membunuh atau menyebarkan penyakit pada ratusan ribu orang, mudah disembunyikan, dan sulit dideteksi (tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tidak berbau, tidak dapat dirasa, dan dapat menyebar dengan bantuan angin tanpa bersuara).

Beberapa cara penggunaanya adalah:

1. Disemprotkan melalui udara. Agen akan terbawa angin, dan diisap oleh korban.
2. Menggunakan roket atau bom sebagai media. Namun, diperkirakan hanya 5% saja agen yang masih hidup dan efektif dapat menginfeksi apabila disebar dengan cara ini.
3. Disebarkan melalui badan air (sungai, danau, air minum, dst.). Untuk keperluan ini, agen yang disebar harus berjumlah besar dan disebarkan setelah air melewati fasilitas proses penjernihan bila yang dituju adalah air minum.
4. Dioleskan pada kulit atau disuntikkan. Cara ini dapat digunakan hanya untuk membunuh satu orang, dan

tidak efektif apabila dimaksudkan untuk pembunuhan massal.

Penyakit dan jasad renik yang banyak digunakan dalam perang biologi di antaranya anthrax, plague, kolera, tuleramia, brucellosis, Q-fever, smallpox, monkeypox, encephalitis, dan banyak lagi. Profil dari agen-agen yang berasal dari jasad renik untuk perang biologi adalah sebagai berikut.

a. Anthrax

Bakteri *Bacillus anthracis* penyebab penyakit anthrax dapat ditemukan di semua bagian bumi. Organisme ini umumnya menginfeksi hewan ternak (sapi, kamping, domba, kuda, babi) dan hewan liar. Manusia tertular apabila bersentuhan dengan hewan yang terinfeksi, atau memakan produk yang mengandung bakteri anthrax.

Spora bakteri anthrax terutama masuk melalui kulit yang tergores atau luka, walau ada juga yang masuk karena terisap atau akibat memakan daging yang tertular anthrax. Spora akan aktif begitu berada pada tubuh pasien, dan memproduksi racun. Di kawasan masuknya bakteri diciri dengan terjadinya pembengkakan, pendarahan, dan matinya jaringan otot. Penularan penyakit anthrax dengan cara ini paling sering terjadi, mencapai 95%. Pasien akan mengalami demam pada hari pertama sampai ke lima setelah kontak. Demam disertai sakit kepala, dan rasa lelah. Kematian akibat penyakit anthrax sangat tinggi. Hanya 1% penderita dapat ditolong dengan penanganan yang sangat intensif.

Bakteri penyebab anthrax ini digunakan pada Perang Dunia I dan II. Sampai saat ini, penelitian tentang bakteri *Bacillus anthracis* diciri masih dilakukan di Uni Sovyet (1979), Jepang (1995), dan Amerika Serikat (2001).

b. Plague

Plague adalah bentuk infeksi lain yang dapat menyerang manusia maupun hewan. Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Yersinia pestis*. Jenis bakteri inilah yang bertanggung jawab saat terjadinya wabah besar di abad ke-6, ke-14 dan ke-20. Dari sejarah diketahui bahwa bakteri ini disebarkan oleh kutu tikus.

Pasien yang terinfeksi tiba-tiba saja mengalami demam tinggi, nyeri dan pembengkakan pada kelenjar limpa (*lymph gland*). Bakteri kemudian menyebar ke organ lain melalui aliran darah, seperti hati, paru-paru, kulit dan akhirnya otak. Kadang-kadang penyakit ini disertai dengan penyakit yang menyerupai pneumonia. Selain oleh kutu tikus, penyakit ini juga disebarkan melalui udara saat penderita batuk. Dalam perang biologi, bakteri ini

disebarkan melalui udara. Kebanyakan penderitanya akan meninggal dunia.

Yersinia pestis pernah digunakan dalam Perang Dunia II. Sebelumnya juga pernah digunakan dalam perang di Eropa pada abad ke-14.

c. Kolera

Kolera adalah salah satu penyakit yang menyerang saluran pencernaan (lambung dan usus) yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio cholera*. Pada masa lalu, agen ini juga diteliti dan dipilih sebagai salah satu senjata biologi. Karena penularan dari penderita ke orang lain agak sulit, maka sebagai senjata biologi bakteri ini disebarkan melalui air minum. Kolera pernah digunakan pada Perang Dunia II.

Secara alami, kolera masuk ke badan air atau makanan melalui sisa-sisa rumah tangga. Bakteri kolera dapat bertahan selama 24 jam di tempat pembuangan sampah. Di perairan yang bersih dan mengandung bahan organik, bakteri kolera dapat bertahan sampai enam minggu. Ia dapat pula hidup sampai empat hari di perairan yang membeku, namun akan mati dengan cepat apabila tempat hidupnya dipanaskan (uap panas, direbus), atau dengan mencampurkan desinfektan atau chlorin di perairan.

Racun yang dikeluarkan bakteri kolera menyebabkan usus penderita akan menghasilkan banyak cairan dan menyebabkan diare dalam bentuk cairan kental berwarna abu-abu kecoklatan. Apabila seseorang terinfeksi maka efeknya baru akan dirasakan antara 12–72 jam kemudian berupa kejang usus dan diare cairan kental, disertai dengan muntah dan sakit kepala, dan kadangkala demam. Penderita akan banyak kehilangan cairan tubuh.

d. Tularemia

Tularemia adalah infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Francisella tularensis* yang dapat menyerang manusia maupun hewan. Penyakit ini tercatat pernah digunakan sebagai senjata biologi pada Perang Dunia II.

Penyakit ini umumnya disebarkan oleh kelinci, caplak, dan beberapa jenis hewan air. Bakteri ini dianggap sebagai agen yang baik untuk perang biologi, karena mudah disebarkan melalui udara. Bakteri ditularkan melalui luka di kulit, atau lapisan mukosa yang terdapat pada membran bola mata, saluran pernafasan atau saluran pencernaan. Hanya dibutuhkan sepuluh organisme yang disuntikan ke bawah kulit, atau sekitar 10–50 organisme yang terisap, untuk menyebabkan infeksi yang pa-rah pada manusia.

Penyakit ini dapat menyebabkan demam, pembengkakan kelenjar limpa, dan kadangkala pneumonia. Pende-

rita juga akan menderita sakit di dada, muntah darah, sakit di sendi tulang, tenggorokan panas, sakit perut, nafas pendek, dan sakit pinggang atau leher kaku.

e. Typhus

Penyakit thypus disebabkan oleh bakteri *Rickettsia prowazekii.* Bakteri ini pernah digunakan sebagai senjata biologi pada Perang Dunia II.

f. Brucellosis

Brucellosis adalah penyakit infeksi yang banyak diderita hewan ternak dan hewan liar, dan dapat ditularkan kepada manusia. Brucellosis disebabkan oleh organisme jasad renik dari marga *Brucella*. Pada hewan, penyakit ini banyak menyebabkan keguguran janin dan infeksi alat kelamin. Manusia dapat terinfeksi karena kontak dengan hewan yang sakit (seperti saat menangani sapi atau domba yang keguguran), saat memotong hewan, atau minum susu hewan sakit. Jasad renik ini dipilih sebagai senjata biologi karena mudah disebarkan melalui udara.

Manusia dapat terinfeksi melalui luka di kulit atau melalui selaput lendir di bola mata, hidung, dan tenggorokan. Ciri seseorang yang terinfeksi sangat samar karena gejalanya menyerupai sakit ringan, seperti demam, nyeri otot, nyeri sendi, kehilangan nafsu makan, merasa tertekan, dan sakit kepala. Kadangkala ada yang mengeluh sakit dada dan batuk. Penyakit ini dapat bertahan lama, antara tiga sampai enam bulan, bahkan bisa saja hingga satu tahun meski sudah diobati dengan intensif. Penyakit brucellosis jarang ditularkan dari manusia ke manusia.

g. Keracunan makanan

Upaya meracuni makanan dengan bakteri *Salmonella* dan *Shigella* pernah dilakukan pada Perang Dunia II. Saat ini, kedua marga bakteri ini digunakan dalam bentuk bioterorisme, dengan target menimbulkan kepanikan di masyarakat.

h. Q Fever

Q Fever adalah penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Coxiella burnetii* yang dapat menyerang hewan maupun manusia. Bakteri ini menginfeksi manusia dalam bentuk spora. Spora bakteri ini sangat tahan terhadap panas, tekanan tinggi, dan tidak terpengaruh oleh cairan pembersih. Inilah mengapa spora bakteri ini dapat hidup lama.

Infeksi pada manusia tidak membahayakan, walaupun dapat menyebabkan seseorang menjadi tidak produktif. Tanpa pengobatan, penderita

dapat sembuh dengan sendirinya. Jenis bakteri ini dipilih menjadi senjata biologi karena hanya dengan satu organisme saja seseorang dapat terinfeksi penyakit ini.

Sakit dapat muncul sekitar 10–40 hari setelah infeksi. Tidak ada gejala tertentu, bahkan pada beberapa individu tidak didapati tanda sakit sama sekali. Ciri utama adalah sakit kepala dan rasa kedinginan, kadangkala disertai dengan berkeringat, pegal-pegal, dan kehilangan nafsu makan. Beberapa orang penderita mengalami sakit dada, gatal-gatal pada kulit, halusinasi, gangguan paru-paru, hepatitis di hati, dan sakit endocarditis di bagian jantung.

i. Smallpox

Smallpox atau sakit cacar terutama disebabkan oleh virus Variola. Kasus terakhir terjadi di Somalia pada 1977. Cacar kemudian dinyatakan punah oleh WHO pada 1980.

Virus Variola adalah contoh kedahsyatan sebuah agen dalam perang biologi. Virus ini selalu berkaitan dengan kematian massal. Penularannya dilakukan dengan menyebarkannya di udara. Virus dapat bertahan lama di luar tubuh, dan menginfeksi manusia setiap waktu. Virus akan berkembang cepat pada saluran pernapasan, dan selanjutnya ikut aliran darah dan berkembang lagi di kelenjar limpa. Virus akan bergerak menuju urat darah di bawah kulit, dan menyebabkan kerusakan kulit.

Irak dan Korea Utara dipercaya masih memiliki stok virus penyebab penyakit cacar ini. Peristiwa penularan melalui selimut yang dibagikan kepada masyarakat Indian Amerika oleh tentara Inggris pada abad-18 merupakan noda hitam dalam sejarah Amerika Serikat.

Bentuk penyakit cacar lain yang digunakan untuk perang biologi adalah monkeypox. Virus penyebab penyakit ini mirip dengan Variola, namun hanya menyebar di Afrika. Beberapa negara diduga mulai mengembangkan virus yang ditemukan pada 1970-an ini. Meski tidak separah smallpox, monkeypox dapat membunuh setengah dari penderitanya.

j. Encephalitis

Encephalitis yang ditularkan melalui udara ini disebabkan oleh infeksi virus, di antaranya VEE (*Venezuelan equine encephalitis*), WEE (*Western equine encephalitis*), dan EEE (*Wastern equine encephalitis*). Virus ini pertama kali diisolasi dari kuda pada 1930-an. Virus ini juga digunakan sebagai senjata biologi pada Perang Dunia II.

Secara alami, penyakit ini ditularkan oleh gigitan nyamuk, namun penu-

laran melalui udara juga cukup efektif. Sifat inilah yang menyebabkan virus ini dipilih sebagai agen dalam senjata biologi. Penderitanya kebanyakan anak-anak dan orang lanjut usia. Tingkat kematian akibat penyakit ini cukup tinggi, antara 50–75%.

k. Glanders

Glanders yang disebabkan oleh bakteri *Burkholderia mallei* pernah digunakan sebagai senjata biologi dalam Perang Dunia I dan II.

l. Viral Hemorrhagic Fevers

Viral Hemorrhagic Fevers atau demam yang menimbulkan pendarahan diketahui disebabkan oleh empat kelompok virus, yaitu Arenaviridae, Bunyaviridae, Filoviridae (di antaranya Ebola), dan Flaviviridae (di antaranya Dengue). Penelitian virus penyebab penyakit ini, mungkin untuk keperluan senjata biologi, masih dilakukan oleh Rusia dengan mengembangkan virus Marburg.

Salah satu virus penyebab penyakit ini yang sangat dikenal dewasa ini adalah Ebola. Ebola pertama kali ditemukan di Zaire pada 1976. Ebola dikaitkan dengan sedikitnya 20 kali wabah yang banyak memakan korban manusia di Afrika. Sebanyak 92% penderitanya meninggal. Pada 2012 terjadi wabah Ebola di Uganda, yang kemudian menyebar ke Kongo. Ciri-ciri penderitanya serupa dengan penderita flu, namun terjadi pendarahan di bagian dalam tubuhnya.

Penyebarannya yang mudah dan efektif melalui udara menyebabkan virus ini menarik para teroris untuk menggunakannya. Virus dapat hidup di darah penderita untuk waktu lama. Penyebaran dan penularan alaminya melalui serangga dan hewan pengerat (tikus, bajing).

m. SEB (Staphylococcal Enterotoxin B)

Staphylococcal Enterotoxin B adalah racun yang dikeluarkan oleh bakteri marga *Staphylococcus.* Racun ini juga digunakan sebagai senjata biologi. Racun ini akan mengakibatkan keracunan pangan, seperti mual, muntah, dan diare. Sebagai senjata biologi, penyebaran dalam jumlah kecil saja sudah cukup efektif. Hanya diperlukan jumlah yang sangat sedikit dari racun ini untuk menginfeksi seseorang.

n. Racun Butolinum

Butolinum dikenal sebagai salah satu racun yang sangat berbahaya di dunia. Racun ini sangat mematikan dan mudah dikemas sebagai senjata biologi. Racun ini dapat tersebar baik melalui udara maupun makanan. Pada 1995, Irak mengakui melakukan riset mendalam dalam menyiapkan racun

Butolinum untuk menyerang musuh. Sebanyak 100 hulu ledak telah diisi dengan racun ini.

Gejala akibat racun ini mulai dirasakan penderita beberapa jam hingga beberapa hari sejak infeksi, baik melalui udara maupun makanan yang terkontaminasi. Di antara ciri orang telah terinfeksi olehnya adalah penglihatan yang mengabur, sulit menelan dan berbicara, serta merasa lemah. Pada kisaran 24–48 jam kemudian, penderita akan sulit bernapas karena kelumpuhan pada otot tertentu.

o. Racun bakteri Clostridium

Racun bakteri Clostridium merupakan salah satu opsi untuk digunakan sebagai senjata biologi. *Clostridium butolinum* yang secara alami hidup di tanah digunakan untuk meracuni makanan dan air yang digunakan masyarakat. Sedang jenis lainnya, *C. perfringens* yang hidup di tanah dan saluran pencernaan manusia dan hewan digunakan untuk meracuni manusia maupun hewan. Penularannya melalui udara dan masuk ke tubuh lewat luka yang terbuka.

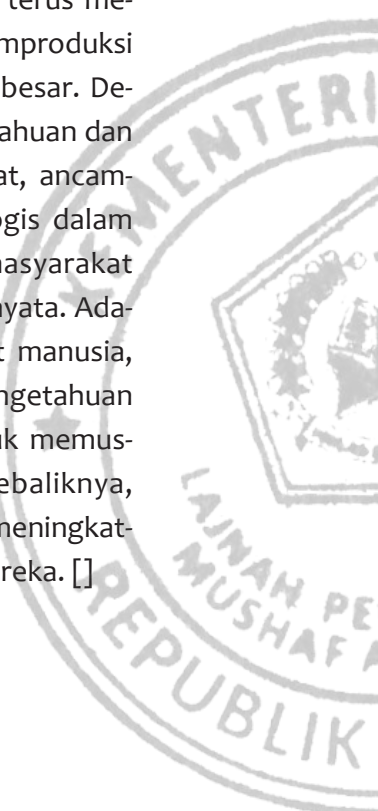
p. Mycotoxins

Mycotoxins, racun yang diperoleh dari jamur renik, juga digunakan sebagai senjata biologi. Racun ini dapat disebarkan dengan berbagai cara, mulai dari dicampur debu, air hujan, melalui udara, asap, menggunakan hulu ledak pada roket, artileri, ranjau, hingga semprotan hama dalam kegiatan pertanian. Banyak bukti menunjukkan bahwa "yellow rain" yang terjadi di Afganistan dan beberapa bagian Asia adalah bentuk senjata biologi yang satu ini. Pada periode antara 1974–1981, serangan demikian menyebabkan banyak kematian, seperti di Laos (6.310 jiwa), Kamboja (981 jiwa), Afghanistan (3.042 jiwa).

Racun jamur renik bereaksi sangat cepat (hanya 5 menit) terhadap tubuh yang terinfeksi. Efek penuhnya dapat terjadi dalam kurun 60 menit. Efek terhadap beberapa organ tubuh antara lain:

1. Kulit akan "terbakar", menjadi lembek, membengkak, dan luka bakar. Dalam kasus yang parah, kulit akan mati dan mengelupas.
2. Efek pada saluran pernapasan berupa hidung terasa sakit dan gatal, bersin-bersin, mimisan, napas pendek, batuk, dan ludah berdarah.
3. Apabila tertelan, penderita akan merasakan mual, muntah, kehilangan nafsu makan, kejang perut, dan diare baik yang berbentuk air maupun darah.
4. Efeknya terhadap bola mata adalah rasa sakit, memerah dan berair, serta kaburnya penglihatan.

Efek lainnya adalah tubuh terasa lemah, cepat lelah, tidak dapat mengendalikan kerja otot, kerja jantung terganggu, demam, dan tekanan darah menurun. Kematian dapat terjadi dalam hitungan beberapa menit hingga beberapa hari pascainfeksi. Semua ini tergantung jumlah racun yang diterimanya.

Pada abad-abad lalu, lebih dari 500 juta orang meninggal karena terjangkit penyakit infeksi. Puluhan juta di antaranya disebabkan karena kesengajaan, yaitu dengan melepaskan jasad renik penyebab penyakit dan racun ke masyarakat, seperti yang pernah dilakukan oleh pasukan Jepang saat menyerang Cina pada Perang Dunia II. Mereka meracuni lebih dari 1.000 sumur di pedesaan Cina untuk mempelajari terjadinya wabah kolera dan tipus. Dua perjanjian internasional yang melarang penggunaan senjata biologi telah ditandatangani pada 1925 dan 1972. Akan tetapi, perjanjian tersebut tidak berhasil mencegah negara-negara tertentu untuk terus melakukan penelitian dan memproduksi senjata biologi dalam skala besar. Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat, ancaman penggunaan agen biologis dalam peperangan maupun di masyarakat umum menjadi suatu yang nyata. Adalah suatu pilihan bagi umat manusia, apakah kemajuan ilmu pengetahuan akan mereka gunakan untuk memusnahkan diri sendiri, atau sebaliknya, memanfaatkannya untuk meningkatkan kesejahteraan hidup mereka. []

BAB IX
PENUTUP

Jasad renik, mikroba, atau mikroorganisme merupakan makhluk yang umumnya tidak bisa dilihat dengan mata telanjang; ia merupakan makhluk yg tidak "kasat mata". Meski begitu, fungsi atau kegunaannya dalam perkembangan peradaban industri modern sangat jelas dan signifikan. Hampir semua obat antibiotik, obat kanker, vitamin, hormon, bahan makanan, bahan pewarna, bahkan energi, dihasilkan oleh makhluk jenis mikroba ini. Pertanyaannya adalah, mengapa makhluk sepenting ini tidak disinggung dalam Al-Qur'an? Benarkah ia tidak disinggung?

Al-Qur'an memang tidak menyinggung secara langsung tentang jasad renik atau mikroorganisme, seperti bakteri atau virus, namun di dalam beberapa surah, Al-Qur'an menyinggung adanya makhluk ciptaan Allah yang belum kita ketahui. Mari kita perhatikan ayat-ayat berikut.

سُبْحٰنَ الَّذِيْ خَلَقَ الْاَزْوَاجَ كُلَّهَا مِمَّا تُنْۢبِتُ الْاَرْضُ وَمِنْ اَنْفُسِهِمْ وَمِمَّا لَا يَعْلَمُوْنَ ٣٦

Mahasuci (Allah) yang telah menciptakan semuanya berpasang-pasangan, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka sendiri, maupun dari apa yang tidak mereka ketahui. (Yāsīn/36: 36)

وَّالْخَيْلَ وَالْبِغَالَ وَالْحَمِيْرَ لِتَرْكَبُوْهَا وَزِيْنَةً ۗ وَيَخْلُقُ مَا لَا تَعْلَمُوْنَ ٨

Dan (Dia telah menciptakan) kuda, bagal, dan keledai, untuk kamu tunggangi dan (menjadi)

perhiasan. Allah menciptakan apa yang tidak kamu ketahui. (an-Naḥl/16: 8)

Mengapa dikatakan bahwa manusia belum atau tidak mengetahuinya? Karena pada waktu wahyu ini diturunkan kepada Rasulullah pada abad ke-7 M, instrumen atau alat untuk melihat makhluk-makhluk yang sangat kecil itu belum ditemukan. Instrumen itu adalah mikroskop. Baru pada abad ke-19 M mikroskop ditemukan dan manusia mulai bisa melihat makhluk-makhluk nan kecil tersebut.

Dalam surah yang lain, Al-Qur'an menunjuk eksistensi jasad renik atau mikroba atau mikroorganisme, yang tidak bisa terlihat oleh mata telanjang. Jasad renik tersebut umumnya hanya terdiri dari satu sel. Dua ayat dibawah ini menunjukkan adanya makhluk yang tergolong jasad renik atau mikroorganisme itu.

وَقَالَ الَّذِيْنَ كَفَرُوْا لَا تَأْتِيْنَا السَّاعَةُ ۗ قُلْ بَلٰى وَرَبِّيْ لَتَأْتِيَنَّكُمْۙ عٰلِمِ الْغَيْبِۙ لَا يَعْزُبُ عَنْهُ مِثْقَالُ ذَرَّةٍ فِى السَّمٰوٰتِ وَلَا فِى الْاَرْضِ وَلَآ اَصْغَرُ مِنْ ذٰلِكَ وَلَآ اَكْبَرُ اِلَّا فِيْ كِتٰبٍ مُّبِيْنٍۙ ﴿٣﴾

Dan orang-orang yang kafir berkata, "Hari Kiamat itu tidak akan datang kepada kami." Katakanlah, "Pasti datang, demi Tuhanku yang mengetahui yang gaib, Kiamat itu pasti akan datang kepadamu. Tidak ada yang tersembunyi bagi-Nya sekalipun seberat zarrah baik yang di langit maupun yang di bumi, yang lebih kecil dari itu atau yang lebih besar, semuanya (tertulis) dalam Kitab yang jelas (Lauḥ Maḥfūẓ)," (Saba'/34: 3)

وَمَا تَكُوْنُ فِيْ شَأْنٍ وَّمَا تَتْلُوْا مِنْهُ مِنْ قُرْاٰنٍ وَّلَا تَعْمَلُوْنَ مِنْ عَمَلٍ اِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُوْدًا اِذْ تُفِيْضُوْنَ فِيْهِۗ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَّبِّكَ مِنْ مِّثْقَالِ ذَرَّةٍ فِى الْاَرْضِ وَلَا فِى السَّمَاۤءِ وَلَآ اَصْغَرَ مِنْ ذٰلِكَ وَلَآ اَكْبَرَ اِلَّا فِيْ كِتٰبٍ مُّبِيْنٍ ﴿٦١﴾

Dan tidakkah engkau (Muhammad) berada dalam suatu urusan, dan tidak membaca suatu ayat Al-Qur'an serta tidak pula kamu melakukan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu ketika kamu melakukannya. Tidak lengah sedikit pun dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarrah, baik di bumi ataupun di langit. Tidak ada sesuatu yang lebih kecil dan yang lebih besar daripada itu, melainkan semua tercatat dalam Kitab yang nyata (Lauḥ Maḥfūẓ). (asy-Syu'arā'/ 26: 80)

Empat ayat di atas telah memberi kita penjelasan akan adanya bentuk-bentuk kehidupan ciptaan Allah, yang ukurannya amat sangat kecil. Bentuk kehidupan atau makhluk sangat kecil ini dalam bahasa ilmiah sering disebut jasad renik, mikroba (microbes), atau mikroorganisme (microorganisms).

Makhluk mikroba ini dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu: (1) Virus, (2) Bakteri, (3) Parasit, (4) Aktinomisetes (bakteri-bercabang),

(5) Algae (ganggang), dan (6) Jamur (fungi). Kecuali jenis Parasit yang masuk pada kekerabatan hewan, jenis mikroba lainnya lebih dekat kepada keluarga tumbuhan karena beberapa di antaranya mempunyai klorofil.

Jenis mikroba tertentu dapat menyebabkan penyakit pada manusia, hewan, atau tumbuhan. Mikroba penyebab penyakit ini disebut mikroba patogen. Namun banyak sekali mikroba yang bisa mendatangkan manfaat bagi manusia karena menghasilkan obat, seperti antibiotik, hormon, dan lain-lain. Selain menghasilkan obat, ada juga jenis-jenis mikroba yang menghasilkan vitamin, makanan, pewarna, dan sebagainya.

Mikroba yang merupakan makhluk renik ini memberi manfaat yang banyak bagi perkembangan peradaban manusia. Karenanya, tidaklah mengherankan bila Al-Qur'an dalam beberapa ayatnya, begitu juga Rasulullah dalam sejumlah hadisnya, menyinggung mikroba, meski secara tidak langsung. []

LAMPIRAN 1
AIR BERSIH

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan oleh semua mahluk hidup. Oleh karena itu, sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia serta makhluk hidup yang lain.

Problem terbesar yang dihadapi oleh sumber daya air adalah permasalahan kuantitas air yang tidak lagi mampu memenuhi kebutuhan yang terus meningkat, selain permasalahan kualitas air untuk keperluan domestik yang makin menurun dari tahun ke tahun. Kegiatan industri, domestik, pertanian, dan lainnya berdampak negatif bagi sumber daya dan kualitas air.

Penurunan kualitas air tanah antara lain disebabkan tercemarnya air oleh bakteri golongan Coliform dan jenis-jenis jasad renik patogen lain-nya. Permasalahan ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan pola hidup masyarakat. Pencemaran dan penurunan kualitas air tanah dapat disebabkan oleh buangan limbah domestik yang meningkat. Misalnya saka tercemarnya air sumur oleh jasad renik yang diakibatkan dari kepadatan penduduk, buruknya sistem pembuangan limbah masyarakat, pembuatan WC, *septic tank* dan sumur resapan yang kurang memenuhi persyaratan dengan baik ditinjau dari kualitas maupun tata letaknya terhadap sumber pencemar. Sedangkan Islam, baik dalam Al-Qur'an maupun hadis, telah menunjukkan bagaimana bersih dan sucinya air, dan

manusia diperintahkan untuk mensyukurinya. Namun, sebagian besar manusia telah berbuat sebaliknya.

A. AYAT AL-QUR'AN DAN HADIS NABI TENTANG AIR

Air yang berasal dari hujan merupakan fenomena alam yang paling penting bagi kehidupan di bumi. Beberapa ayat Al-Qur'an berikut bahkan mengindikasikan bahwa air hujan "amat bersih" dan menjadi dasar bagi kehidupan di bumi ini.

وَهُوَ الَّذِيْٓ اَرْسَلَ الرِّيٰحَ بُشْرًاۢ بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهٖۚ وَاَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً طَهُوْرًاۙ ﴿٤٨﴾ لِّنُحْيِ َۧ بِهٖ بَلْدَةً مَّيْتًا وَّنُسْقِيَهٗ مِمَّا خَلَقْنَآ اَنْعَامًا وَّاَنَاسِيَّ كَثِيْرًا ﴿٤٩﴾

Dan Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira sebelum kedatangan rahmat-Nya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang sangat bersih, agar (dengan air itu) Kami menghidupkan negeri yang mati (tandus), dan Kami memberi minum kepada sebagian apa yang telah Kami ciptakan, (berupa) hewan-hewan ternak dan manusia yang banyak. (al-Furqān/25: 48–49)

وَهُوَ الَّذِيْ يُرْسِلُ الرِّيٰحَ بُشْرًاۢ بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهٖۗ حَتّٰىٓ اِذَآ اَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقْنٰهُ لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَاَنْزَلْنَا بِهِ الْمَاۤءَ فَاَخْرَجْنَا بِهٖ مِنْ كُلِّ الثَّمَرٰتِۗ كَذٰلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتٰى لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُوْنَ ﴿٥٧﴾

Dialah yang meniupkan angin sebagai pembawa kabar gembira, mendahului kedatangan rahmat-Nya (hujan), sehingga apabila angin itu membawa awan mendung, Kami halau ke suatu daerah yang tandus, lalu Kami turunkan hujan di daerah itu. Kemudian Kami tumbuhkan dengan hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang yang telah mati, mudah-mudahan kamu mengambil pelajaran. (al-A'rāf/7: 57)

وَنَزَّلْنَا مِنَ السَّمَاۤءِ مَاۤءً مُّبٰرَكًا فَاَنْۢبَتْنَا بِهٖ جَنّٰتٍ وَّحَبَّ الْحَصِيْدِۙ ﴿٩﴾ وَالنَّخْلَ بٰسِقٰتٍ لَّهَا طَلْعٌ نَّضِيْدٌۙ ﴿١٠﴾ رِّزْقًا لِّلْعِبَادِۙ وَاَحْيَيْنَا بِهٖ بَلْدَةً مَّيْتًاۗ كَذٰلِكَ الْخُرُوْجُ ﴿١١﴾

Dan dari langit Kami turunkan air yang memberi berkah lalu Kami tumbuhkan dengan (air) itu pepohonan yang rindang dan biji-bijian yang dapat dipanen. Dan pohon kurma yang tinggi-tinggi yang mempunyai mayang yang bersusun-susun, (sebagai) rezeki bagi hamba-hamba (Kami), dan Kami hidupkan dengan (air) itu negeri yang mati (tandus). Seperti itulah terjadinya kebangkitan (dari kubur). (Qāf/50: 9–11)

Untuk itu, perlu kiranya manusia mensyukuri ketersediaan air. Ayat di bawah ini mengingatkan manusia agar bersyukur terhadap kehadiran air.

اَفَرَءَيْتُمُ الْمَاۤءَ الَّذِيْ تَشْرَبُوْنَۗ ﴿٦٨﴾ ءَاَنْتُمْ اَنْزَلْتُمُوْهُ مِنَ الْمُزْنِ اَمْ نَحْنُ الْمُنْزِلُوْنَ ﴿٦٩﴾ لَوْ نَشَاۤءُ جَعَلْنٰهُ اُجَاجًا فَلَوْلَا تَشْكُرُوْنَ ﴿٧٠﴾

Pernahkah kamu memperhatikan air yang kamu minum? Kamukah yang menurunkannya dari awan ataukah Kami yang menurunkan? Sekiranya Kami menghendaki, niscaya Kami menjadikannya asin, mengapa kamu tidak bersyukur? (al-Wāqi'ah/56: 68–70)

Ayat-ayat ini secara sederhana memberi ilustrasi bagi manusia agar mau bersyukur. Dapat dibayangkan bagaimana bila rasa air sesuai dengan dosa seseorang; bagaimana bila air yang sama akan terasa manis bagi mereka yang tidak atau sedikit berdosa, dan pahit bagi orang yang banyak berdosa. Namun, ternyata Allah tidak berkehendak demikian. Itulah bukti kasih Allah kepada makhluk-Nya.

Akan tetapi, rasa bersyukur yang seharusnya diekspresikan manusia dengan memelihara air dengan baik, tidak dilakukan oleh kebanyakan dari mereka. Berbagai bentuk pencemaran telah diciri di berbagai perairan, dari air permukaan hingga air dalam tanah. Salah satu bentuknya adalah kontaminasi jasad renik, terutama jasad renik patogen, yang memicu banyak penyakit.

B. KONTAMINASI JASAD RENIK DI PERAIRAN

Sepanjang sejarah bumi, penggunaan air untuk keperluan manusia selalu dikaitkan dengan penyakit. Penyakit itu terutama disebabkan oleh jasad renik yang menyerang saluran pencernaan, seperti diare dan nausea. Indikator kehadiran bakteri *Escherichia coli* pada kotoran manusia menjadi indikator bagi adanya pencemaran air.

Tiga kelompok jasad renik diketahui mencemari air, yaitu bakteri, virus, dan protozoa. Ketiga kelompok ini dapat hadir secara alami, dan tidak menyebabkan terjadinya penyakit pada manusia, atau hadir dalam jumlah banyak sebagai hasil kontaminasi dari kotoran manusia dan hewan. Pada umumnya, sumber air permukaan, seperti sungai, danau, dan waduk, adalah yang paling mungkin mengandung jasad renik penyebab penyakit dibandingkan air tanah.

Terpaparnya manusia oleh penyakit akibat bakteri, virus, dan protozoa menimbulkan gangguan yang sangat beragam. Yang paling umum terjadi adalah adalah gangguan saluran pencernaan (nausea, muntah, dan diare). Penyakit ini umumnya terjadi untuk jangka waktu pendek. Namun, pada individu tertentu, terutama anak-anak, orang lanjut usia, dan mereka yang lemah sistem imun tubuhnya, akibatnya dapat cukup parah dan kronis (seperti terjadinya kerusakan ginjal), atau bahkan lebih fatal. Bakteri (seperti Shigella dan Campylobacter), virus (seperti Norovirus dan virus Hepatitis A), serta protozoa (seperti Giardia dan Cryptosporodium) dapat me-

nyebabkan sakit pencernaan makanan yang parah. Adapun jasad renik patogen lain yang disebarkan oleh air dapat pula menyerang paru-paru, kulit, mata, sistem saraf pusat, dan hati.

Berbagai badan kesehatan telah berulang kali menyatakan bahwa penyakit yang menyerang masyarakat di negara berkembang terutama datang dari jasad renik yang hidup di air. Disebutkan, penyakit yang ditularkan air merupakan 80% di antaranya, dan diare adalah penyebab utama kematian anak-anak.

Penyakit yang ditularkan melalui air umumnya datang dari jasad renik patogen yang semula hidup di dalam saluran pencernaan makanan, baik pada manusia maupun hewan. Pembuangan kotoran manusia yang tidak higienis mengakibatkan banyak perairan menjadi sumber bagi banyak penyakit manusia. Keadaan demikian ini telah berjalan berabad-abad, sepanjang sejarah kehidupan manusia.

Menurut perkiraan, sekitar 1,1 miliar orang belum mendapat akses kepada air minum yang layak, dan 2,4 miliar orang belum menikmati sanitasi yang layak. Dari data statistik ditemukan bahwa pada saat ini penyakit yang berpangkal pada hubungan yang tidak baik di antara "air-sanitasi-higienis" telah menyebabkan kematian 2.213.000 orang tiap tahunnya.

Badan Kesehatan Dunia (World Health Organization – WHO) mengindikasikan bahwa sekitar 246 juta orang terinfeksi cacing renik yang hidup di perairan penyebab penyakit schistosomiasis. Diperkirakan bahwa 20 juta di antaranya menderita sakit yang serius dari infeksi ini. Penyakit malaria membunuh sekitar satu juta orang setiap tahun, sebagian besarnya anak-anak. Diare ditemukan di seluruh bagian bumi. Diare diperkirakan menjadi penyebab kematian 4% dari seluruh kematian yang disebabkan oleh penyakit.

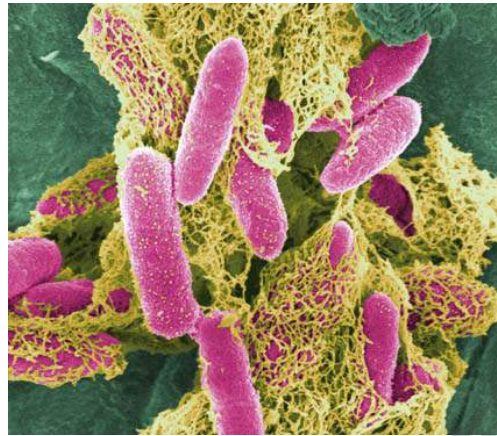
Penyakit yang disebarkan melalui air meluas dengan adanya kontaminasi dari sistem air minum oleh urine dan kotoran penderita maupun hewan. Keadaan ini dapat terjadi saat air minum berasal dari air permukaan (seperti dari air hujan, sungai, danau, dan sejenisnya). Air permukaan yang mengalir dan masuk ke cadangan air minum ini dapat saja melalui kawasan yang sudah terkontaminasi, seperti kawasan pembuangan limbah dan kotoran lainnya, kawasan pemukiman dan industri, dan sejenisnya. Situasi demikian ini memungkinkan terjadinya wabah penyakit yang disebut "faecal-oral diesease" seperti kolera dan tipoid. Jasad renik patogen dapat menyebabkan timbulnya penyakit dengan sangat mudah, seperti dengan kontak

yang sedikit sekalipun. Kontaminasi dapat terjadi akibat banjir serta saluran pembuangan yang tidak ditata dengan baik.

Satu-satunya cara untuk memutus rantai penyakit yang ditularkan melalui air adalah meningkatkan kebiasaan atau perilaku yang higienis dalam masyarakat, dan memberi fasilitas dasar tertentu untuk air minum, menyediakan sarana cuci dan mandi serta sanitasi. Pengendalian hewan inang untuk berbagai penyakit, seperti nyamuk malaria, lalat, dan keong inang penyakit bilhariasis dapat dilakukan dengan mengontrol sistem irigasi, karena semuanya sangat bergantung pada ketersediaan air untuk siklus hidupnya.

Beberapa jenis jasad renik penyebab penyakit yang ditularkan melalui air adalah:

1. *Escherichia coli*

Escherichia coli (Gambar L.1.1) adalah bakteri yang ditemukan secara alami hidup di saluran pencernaan dari hewan berdarah panas, termasuk manusia. Keberadaannya di luar habitat aslinya, seperti di air minum, digunakan sebagai indikator pencemaran air. Beberapa strain dari bakteri ini tidak menyebabkan penyakit, namun beberapa strain lainnya dapat mengakibatkan sakit yang serius. *E. coli* patogenik dibagi dalam 6 kelompok berdasarkan serologi dan virulennya. Contohnya adalah *Escherichia coli* O157:H7 yang ditemukan pada 1982. Strain ini ditemukan hidup di saluran pencernaan ternak yang sehat. Penularan dapat melalui konsumsi daging maupun disebarkan melalui kontaminasi air permukaan (sungai, kolam, danau, saluran irigasi, dan sejenisnya).

Gambar L.1.1
Bakteri Escherichia coli. (waterscan.rs)

Pada manusia, *Escherichia coli* O157:H7 dapat menyebabkan sakit perut, diare berdarah, dan sindrom hemolitikuremik (haemolyticuraemic syn-drome - HUS). Bakteri ini akan melepaskan racun verotoxis yang mirip dengan racun yang dilepas oleh *Shigella*.

2. *Salmonella* dan *Shigella*

Salmonella dan *Shigella* dikenal sebagai jasad renik pencemar air yang

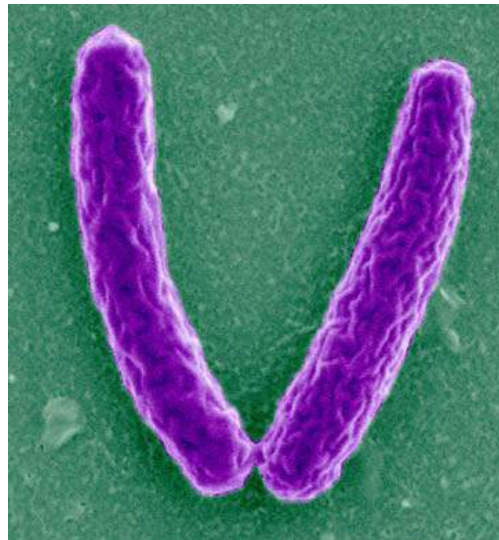
berasal dari kotoran hewan maupun manusia.

3. *Campylobacter* dan *Yersinia*

Banyak laporan tentang terjadinya ledakan penyakit saluran pencernaan yang disebabkan oleh bakteri *Campylobacter jejuni* dan *Yersinia enterocolitica.* Penyakit ini umumnya mewabah di kawasan yang perairannya terkontaminasi kotoran manusia atau hewan berdarah panas.

Gambar L.1.2.
Bakteri Legoniela pneumophila. (waterscan.rs)

4. *Legionella*

Penyakit akibat bakteri *Legionella* baru dikenal pada 1976. Jenis-jenisnya dikenali hidup secara alami di dalam air, baik di air permukaan seperti sungai, danau, kolam, maupun di air tanah. Banyak jenisnya berkaitan dengan infeksi yang diderita manusia, seperti *L. pneumophila* (Gambar L.1.2), *L. micdadei*, *L. bozemanii*, *L. longbeachea*, dan *L. dumoffi*. Secara alami, jenis *Legionella* bertahan hidup karena kemampuannya bekerja sama dengan bakteri lain, seperti *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, dan *Actinobacter*. Di samping itu, beberapa protozoa, seperti *Hartmanella*, *Acanthamoebastellanii*, dan *Echinamoeba* dapat menampung dan melindungi *Legionella* dari kondisi sekitar yang tidak bersahabat. Pada dasarnya, jumlah *Legionella* di perairan alami jauh lebih rendah daripada di badan air yang dikelola manusia. Konsentrasi sangat tinggi (di atas 10 kali lipat) terjadi pada biofilm yang dibuat *Legionella* dan menempel pada dinding wadah air daripada di airnya sendiri.

Penyakit yang diakibatkannya adalah pneumonia berat yang diikuti oleh manifestasi extrapulmonari (seperti gagal renal, encefalopati, dan perikarditis). Pasien juga dapat mengalami kebingungan, disorientasi, dan gangguan pencernaan seperti muntah, nausea, dan diare. Mereka yang rentan terhadap penyakit ini adalah pasien rumah sakit seperti pasien transplantasi dan mereka yang mengalami kondisi buruk pada paru-paru. Individu lain yang mudah terserang penyakit yang disebabkan *Legionella* adalah ke-

lompok laki-laki, perokok, peminum alkohol, mereka yang berumur di atas 40 tahun, pekerja dengan waktu lebih dari 40 jam per pekan, dan pekerja malam.

5. *Mycobacterium avium* complex (Mac)

Mycobacterium avium complex, atau dikenal dengan singkatannya, Mac, terdiri atas 28 anak jenis dari dua jenis yang berbeda, yaitu *Mycobacterium avium* (Gambar L.1.3) dan *Mycobacterium intracellulare*. Kelompok Mac ini masuk dalam kelompok besar NTM (non-tuberculous mycobacterium), bersama dengan *Mycobacterium* yang tidak menimbulkan penyakit TBC dan lepra (yang disebabkan *Mycobacterium tuberculosis* dan *M. leprae*). Beberapa anak jenis dari *M. avium* yang termasuk dalam kelompok Mac adalah

Gambar L.1.3
Bakteri Mycobacterium avium. (waterscan.rs)

Mycobacterium avium avium, *M. avium paratuberculosis*, dan *M. avium silvaticum*. Bakteri dari kelompok besar NTM ditemukan di alam bebas, sedangkan *Mycobacterium* penyebab TBC dan lepra tidak ditemukan hidup bebas di alam, melainkan di tubuh manusia dan hewan berdarah panas.

Mac hampir selalu ditemukan hidup di media air (bahkan di mata air), walaupun dapat pula ditemukan dalam jumlah banyak di habitat tanah yang cocok untuk hidupnya. Kelompok Mac dikenal karena kemampuannya yang tinggi untuk dapat hidup pada kondisi ekstrem. Mac ditemukan dapat hidup dan berkembang dengan baik pada rentang suhu air sampai dengan 57 °C dan pH yang luas, mampu bertahan hidup pada kondisi lingkungan buruk dengan menginvasi organisme lain seperti amoeba (di antaranya *Acanthamoeba polyphaga* atau *A. castellanii*), hidup sebagai saprofit yang hidup bebas, serta mampu membentuk biofilm. Infeksi yang disebabkan oleh bakteri kelompok Mac menyebabkan penyakit pada manusia, seperti batuk, demam, lelah, kehilangan berat badan, dan berkeringat saat malam hari.Penelitian memperlihatkan bahwa organisme Mac dapat menyebabkan *mycobacterial lymphadenitis* pada anak di bawah 12 tahun, dan penyakit Crohn pada manusia, yang mirip dengan pe-

nyakit Johne pada ternak mamalia. Penularannya dapat melalui udara maupun sentuhan dengan benda atau air yang mengandung *Mycobaterium*.

6. *Aeromonas hydrophila*

Bakteri ini, bersama dengan jenis lain dari marga *Aeromonas*, hidup di udara dan di media air. Ia ditemukan di hampir semua badan air, seperti sungai, danau, waduk, laut, limbah, sampai air minum. Kandungannya yang paling rendah ditemukan secara alami pada air tanah, dan akan bertambah sejalan dengan memburuknya kualitas air. Saat ini, *A. hydrophila* menarik para ahli karena peranannya sebagai bakteri patogen yang oportunis. Artinya, pada keadaan normal, mereka merupakan "bakteri baik". Namun, apabila kondisi lingkungan berubah, mereka akan berperan sebagai patogen yang menyebabkan penyakit. Penyakit akibat bakteri ini terutama menyerang pada anak-anak, orang lanjut usia, dan mereka yang memiliki sistem imunitas yang lemah. Penularannya terutama melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi, atau kontak langsung dengan sumber melalui luka pada kulit.

7. *Helicobacter pylori*

Helicobacter pylori, yang semula dikenal dengan nama *Campylobacter pylori*, mulai dikenal sebagai bakteri penyebab sakit pada manusia pada 1983. Bentuknya dapat berupa spiral atau berbentuk *coccon* (kepompong), tergantung pada variasi kondisi lingkungan (a.l. besar kandungan oksigen, perubahan suhu, kehadiran material antibiotik, dan kondisi tekanan lingkungan lainnya). Sampai saat ini belum diketahui apakah *Helicobacter* dalam bentuk kepompong dapat menjadi parasit.

Kehadiran jasad renik ini sulit untuk diciri di perairan permukaan seperti sungai, danau, dan waduk. Habitat utama pada manusia adalah saluran pencernaan. Infeksinya dapat mengakibatkan seseorang menderita tukak perut, anemia, dan penyakit saluran pencernaan.

8. *Cryptosporodium*

Cryptosporodium adalah protozoa parasit yang masuk ke tubuh manusia melalui pasokan air dalam bentuk oosit atau spora. Saat mereka masuk ke saluran pencernaan, penderita akan terkena demam, mual, diare rendah, sakit kepala, sampai kram perut. Belum ditemukan obat untuk penyakit ini. Penyembuhan sepenuhnya diserahkan kepada sistem kekebalan tubuh penderita. Penyakit yang disebabkan jasad renik ini dapat menimbulkan kematian pada penderita dengan sistem imunitas rendah.

9. *Giardia lamblia*

Giardia lamblia adalah protozoa parasit yang berasal dari air minum yang terkontaminasi. Protozoa ini hidup dengan cara melekatkan diri pada dinding usus. Kehadirannya dapat menyebabkan penderita mengalami diare, kram perut, mual, dan penurunan berat badan.

Penyakit yang ditimbulkan oleh air yang terkontaminasi jasad renik patogen dapat menimbulkan wabah yang mengerikan. Pada 1864 terjadi bencana angin topan di kota Kalkuta, India. Dalam bencana yang terjadi pa-da 5 Oktober ini, tercatat sekitar 80.000 orang tewas. Sekitar 50.000 di antaranya tewas seketika akibat angin topan dan gelombang laut setinggi sekitar 12 meter yang menenggelamkan kota. 30.000 jiwa lainnya tewas kemudian akibat kualitas kesehatan yang menurun drastis.

Pascatopan, Kalkuta saat itu harus menghadapi 50.000 mayat yang berserakan akibat angin topan. Persediaan air penampungan terkontaminasi dengan berbagai jenis kebusukan, termasuk kotoran manusia dan sisa-sisa tubuh manusia yang menyebabkan penyakit dan kematian. Dalam waktu beberapa minggu saja, sekitar 30.000 orang lainnya meninggal akibat berbagai jenis penyakit bakteri yang berkembang di dalam air, terutama disebabkan tifoid dan kolera serta berbagai penyakit (radang paru-paru, radang usus, influenza, malaria dan demam berdarah). Keadaan yang mirip terjadi di Bangladesh pada 1970. Sekitar 1 juta orang meninggal sebagai akibat langsung dari angin topan dan ombak besar setinggi 15 meter, dan tidak sedikit pula yang meninggal akibat penyakit pascabencana. Di samping manusia, jutaan hewan ternak mati juga bertebaran di sungai dan delta Gangga, mengubah airnya menjadi kemerahan.

Kawasan lain yang juga dilanda penyakit yang ditularkan melalui air adalah wilayah di sekitra Sungai Kuning di China banjir yang mengalami banjir berkepanjangan. Sungai Kuning yang memiliki panjang lebih dari 4.500 km (terpanjang keenam di bumi). Sungai ini dilaporkan telah mengalami banjir besar sebanyak lebih dari 1.500 kali, sejak tahun 2297 Sebelum Masehi. Bukti dan catatan kuno melaporkan bahwa pada tahun 2297 SM sungai ini banjir selama 13 tahun. Tidak banyak diketahui secara pasti tentang malapetaka yang satu ini.

Uraian di atas memperlihatkan bahwa manusia masih belum dapat mengapresiasi air yang diciptakan untuk keperluannya dan mahluk hidup lainnya. Keadaan demikian ini tidak hanya dalam hal keperluan hidupnya

saja, namun juga dalam hal menjaga hubungan antara manusia dan Tuhannya, khususnya dalam melaksanakan salat. Bersuci dengan menggunakaan air (atau yang menggantikannya) merupakan syarat bagi sahnya salat. Bagaimana apabila air yang digunakan bersuci telah tercemar oleh jasad renik yang dapat menimbulkan penyakit. Beberapa pendapat tentang hal ini diuraikan di bawah ini.

C. JENIS-JENIS AIR MENURUT FIKIH

Para ulama fikih membagi jenis air, khususnya untuk keperluan bersuci, menjadi 4 kategori, yaitu:

1. Air Suci-Menyucikan (Air Mutlak)

Dalam istilah fikih air mutlak disebut *ṭāhir linafsih muṭahhir ligairih*, air yang suci zatnya dan menyucikan bagi zat lain. Air dalam kelompok ini adalah air yang masih berada pada sifat asal penciptaannya, baik yang turun dari langit maupun yang keluar dari bumi, baik yang panas maupun yang dingin, baik yang berwarna maupun yang tak berwarna (bening). Termasuk juga di dalamnya air yang sudah mengalami perubahan dari asal penciptaannya tapi belum keluar dari keberadaannya sebagai air, seperti air mineral, air yang bercampur dengan sedikit kapur atau benda-benda suci lainnya yang tidak mendominasi zat airnya. Air suci itu banyak macamnya, namun tidak semua air suci dapat menyucikan, umpama berwudu menggunakan air kelapa, air kopi atau teh. Semuanya masuk jenis air yang suci zatnya, tapi tidak menyucikan zat yang lain.

Adapun jenis air yang termasuk dalam kategori air mutlak di antaranya:

a. Air hujan

Allah membicarakan kesucian air hujan dan fungsinya dalam firman-Nya,

إِذْ يُغَشِّيكُمُ النُّعَاسَ أَمَنَةً مِّنْهُ وَيُنَزِّلُ عَلَيْكُم مِّنَ السَّمَاءِ مَاءً لِّيُطَهِّرَكُم بِهِ وَيُذْهِبَ عَنكُمْ رِجْزَ الشَّيْطَانِ وَلِيَرْبِطَ عَلَىٰ قُلُوبِكُمْ وَيُثَبِّتَ بِهِ الْأَقْدَامَ ﴿١١﴾

(Ingatlah), ketika Allah membuat kamu mengantuk untuk memberi ketenteraman dari-Nya, dan Allah menurunkan air (hujan) dari langit kepadamu untuk menyucikan kamu dengan (hujan) itu dan menghilangkan gangguan-gangguan setan dari dirimu dan untuk menguatkan hatimu serta memperteguh telapak kakimu (teguh pendirian). (al-Anfāl/8: 11)

وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ ۚ وَأَنزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا ﴿٤٨﴾

Dan Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira sebelum kedatangan rahmat-Nya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang sangat bersih. (al-Furqān/25: 48)

Air hujan yang turun dari langit hukumnya adalah suci, dan dapat digunakan untuk berwudu, mandi, atau membersihkan najis pada suatu benda. Meski saat ini di banyak tempat air hujan sudah tercemar dan mengandung asam yang tinggi (dikenal dengan hujan asam), namun hukumnya tidak berubah.

Penjelasannya begini; kerusakan yang terjadi pada air hujan diakibatkan oleh material pencemaran dari industri yang tidak termasuk najis. Pada siklus air, saat pertama kali uap air menguap dan naik ke atmosfer, uap berada dalam keadaan bersih dan suci. Meski sumber uap air itu berupa air yang tercemar, kotor, atau najis, uapnya terdiri hanya dari partikel H_2O, terpisah dari kotoran atau najis yang terkandung pada air. Air yang turun ke bumi adalah air murni sebagai hasil penyulingan alami. Saat turun ke bumi, air bersih ini melewati bagian atmosfer yang dikotori oleh polusi kendaraan bermotor, asap buangan industri, dan kotoran lainnya, yang dapat mengotori air itu. Walau demikian, air ini masih termasuk suci dan menyucikan, sebab material polusi yang dikandungnya pada hakikatnya tidak termasuk dalam barang najis, meski mengandung racun dan berbahaya untuk kesehatan. Dengan demikian, air hujan yang terpolusi hukumnya tetap suci dan menyucikan.

b. Salju

Seorang muslim boleh menggunakan salju untuk bersuci. Ini sesuai dengan hadis Rasulullah yang menjelaskan kedudukan salju, kesuciannya, dan fungsinya untuk menyucikan.

Ketika Rasulullah ditanya tentang doa yang dibacanya antara takbir dan al-Fātiḥah, beliau menjawab,

اَللّٰهُمَّ بَاعِدْ بَيْنِيْ وَبَيْنَ خَطَايَايَ كَمَا بَاعَدْتَ بَيْنَ الْمَشْرِقِ وَالْمَغْرِبِ، اَللّٰهُمَّ نَقِّنِيْ مِنْ خَطَايَايَ كَمَا يُنَقَّى الثَّوْبُ الْأَبْيَضُ مِنَ الدَّنَسِ، اَللّٰهُمَّ اغْسِلْنِيْ مِنْ خَطَايَايَ بِالثَّلْجِ وَالْمَاءِ وَالْبَرَدِ. (رواه البخاري عن أبي هريرة)

Ya Allah, jauhkan aku dari kesalahan-kesalahanku sebagaimana Engkau telah menjauhkan antara timur dengan barat. Ya Allah, bersihkanlah aku dari kesalahan-kesalahanku sebagaimana pakaian putih dibersihkan dari kotoran. Ya Allah, cucilah diriku dari kesa-lahankesalahanku dengan salju, air dan embun. (Riwayat al-Bukhārī dari Abū Hurairah)

Salju dan hujan adalah dua material yang berasal dari penguapan air yang turun dari ketinggian atmosfer. Perbedaannya terletak pada proses turunnya yang menghasilkan butir-butir salju. Seorang muslim dapat menggunakan salju yang turun dari langit, atau salju yang sudah ada di tanah, sebagai media untuk bersuci, baik wudu, mandi atau keperluan lainnya.

c. Embun

Hadis yang telah disebutkan sebelumnya menjelaskan embun sebagai air yang suci dan menyucikan. Embun, termasuk di dalamnya kabut, merupakan bagian dari air yang turun dari ketinggian atmosfer, meski bukan berbentuk air hujan yang turun deras. Embun dan kabut lebih merupakan taburan air yang jatuh dalam kondisi lingkungan tertentu, misalnya saat dini hari atau di tempat-tempat seperti di atas gunung yang tinggi.

d. Air laut

Air laut adalah air yang suci dan menyucikan. Dalam hadis disebutkan,

سَأَلَ رَجُلٌ النَّبِيَّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، فَقَالَ: يَا رَسُولَ اللهِ إِنَّا نَرْكَبُ الْبَحْرَ، وَنَحْمِلُ مَعَنَا الْقَلِيْلَ مِنَ الْمَاءِ، فَإِنْ تَوَضَّأْنَا بِهِ عَطِشْنَا، أَفَنَتَوَضَّأُ بِمَاءِ الْبَحْرِ؟ فَقَالَ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: هُوَ الطَّهُوْرُ مَاؤُهُ الْحِلُّ مَيْتَتُهُ. (رواه أبو داود والترمذي وابن ماجه والنسائي عن أبي هريرة)

Seorang pria bertanya, "Ya Rasulullah, kami mengarungi lautan dan membawa sedikit air saja. Bila kami gunakan air itu untuk berwudu, pasti kami kehausan. Bolehkah kami berwudu dengan air laut?" Rasul menjawab, "(Laut) itu suci airnya dan halal bangkainya." (Riwayat Abū Dāwūd, at-Tirmiżiy, Ibnu Mājah, dan an-Nasā'iy dari Abū Hurairah)

Pada dasarnya, air laut adalah air hujan dan air sungai yang berkumpul di laut. Perbedaannya hanya pada rasa, karena adanya kandungan material garam di dalam airnya. Namun demikian, zat airnya masih dominan sehingga boleh digunakan untuk berwudu, mandi junub ataupun beristinjak.

Sama dengan sungai, laut juga menjadi tempat pembuangan berbagai macam limbah dari industri, rumah tangga, pertanian, dan sejenisnya. Meski bentangan laut sangat luas, namun pada bagian pantai atau teluk tertentu, limbah itu menimbulkan bau, rasa, dan warna yang amat mengganggu. Bila kondisinya begitu, tampaknya penggunaannya sebagai media bersuci perlu dipertimbangkan.

e. Air zamzam

Air zamzam adalah contoh tentang air tanah yang muncul ke permukaan tanah. Kesucian air zamzam ditunjukkan oleh hadis berikut.

أَفَاضَ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَدَعَا بِسَجْلٍ مِنْ مَاءِ زَمْزَمَ فَشَرِبَ مِنْهُ وَتَوَضَّأَ. (رواه أحمد عن علي بن أبي طالب)

Rasulullah tawaf ifadah, lalu beliau meminta satu ember air zamzam. Beliau lantas meminumnya dan juga menggunakannya untuk berwudu. (Riwayat Aḥmad dari 'Aliy bin Abū Ṭālib)

f. Air sumur

Air sumur adalah mata air yang keluar karena digali. Airnya masuk pada kategori air yang suci dan mensucikan. Dalil kesucian air sumur adalah hadis berikut.

قِيْلَ لِرَسُوْلِ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: يَا رَسُوْلَ اللهِ، أَتَتَوَضَّأُ مِنْ بِئْرِ بُضَاعَةَ، وَهِيَ بِئْرٌ يُطْرَحُ فِيْهَا الْمَحِيْضُ وَلُحُوْمُ الْكِلَابِ وَالنَّتْنُ؟ فَقَالَ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: إِنَّ الْمَاءَ طَهُوْرٌ لَا يُنَجِّسُهُ شَيْءٌ. (رواه أحمد وأبو داود والترمذي والنسائي عن أبي سعيد الخدري)

Seseorang bertanya kepada Rasulullah, "Ya Rasulullah, mengapa engkau berwudu dari sumur Budā'ah, sedangkan sumur itu menjadi tempat pembuangan darah haid, daging anjing, dan benda yang busuk?" Rasulullah menjawab, "Air itu pada dasarnya suci dan tidak dinajiskan oleh sesuatu." (Riwayat Aḥmad, Abū Dāwūd, at-Tirmiżiy, dan an-Nasā'iy dari Abū Sa'īd al-Khudriy)

g. Air sungai

Air sungai hukumnya suci karena dianggap sama karakternya dengan air hujan, sumur, atau mata air. Kondisi air sungai pada zaman Nabi kemungkinan besar sangat berbeda dari kondisinya saat ini. Sekarang, banyak sungai dijadikan tempat pembuangan limbah industri, limbah rumah tangga, pestisida, dan sejenisnya. Memang, barang kali, limbah ini hukumnya tidak najis, tapi sangat berisiko bagi kesehatan. Karena itu, umat Islam tidak dianjurkan menggunakan air sungai dengan kondisi demikian karena memiliki mudarat yang sangat besar. Meski debit airnya besar, pencemaran limbah telah mengubah rasa, warna, dan bau air sungai itu, sehingga bersuci dengannya menjadi tidak sah.

Dalam prosesnya, sungai dapat membentuk telaga yang airnya cukup lama tergenang di satu tempat. Pada keadaan ini, seringkali air akan bercampur kotoran, seperti lumut, daun, ranting, dan lainnya. Menurut kesepakatan, air semacam ini masih dianggap sebagai air mutlak.

2. Air Suci tidak Menyucikan (Air *Musta'mal*)

Jenis yang kedua dari pembagian air ialah air yang suci (tidak najis), boleh diminum, membersihkan kotoran fisik pada tubuh, tapi tidak menyucikan bila digunakan untuk bersuci. Para ulama sering menyebut air ini dengan istilah air *musta'mal*, yakni air yang sudah digunakan untuk bersuci secara ritual, misalkan untuk berwudu, mandi junub, dan mencuci najis. Air yang telah digunakan di luar keperluan bersuci, seperti mencuci tangan dan mandi biasa, tidak masuk sebagai air *musta'mal*.

Para ulama membedakan air *musta‘mal* dan *gair musta‘mal* dengan menggunakan batasan volume air. Perannya adalah sebagai batas minimal untuk dapat dikatakan air menjadi *musta‘mal* dan terbebas dari kondisi *musta‘mal*. Batasan volume air yang digunakan adalah 2 *qullah* (sekitar 270 liter air).

Terdapat beberapa penjelasan dari para ulama mazhab terkait air *musta‘mal*. Menurut ulama Syafi‘iyah, air *musta‘mal* adalah air yang sedikit (kurang dari 2 *qullah*) dalam satu wadah yang telah digunakan untuk bersuci. Air ini menjadi *musta‘mal* apabila diciduk dengan maksud bersuci. Air dalam wadah dapat "tertular" bila kejatuhan air yang digunakan untuk bersuci, bila airnya kurang dari 2 *qullah*. Adapun menurut Ulama Hanafiyah, ketidaksucian ada pada air yang membasahi tubuh saja, tidak pada sisa air di wadah. Ulama Malikiyah mempunyai pendapat yang berbeda. Menurut mereka, air *musta‘mal* adalah air yang telah digunakan untuk bersuci atau keperluan lainnya. Berbeda halnya dengan ulama Hanabilah yang tidak membedakan air *musta‘mal* dari kegunaannya untuk bersuci atau keperluan lainnya. Menurut mereka, air disebut *musta‘mal* saat individu tersebut akan menggunakan air bekasnya untuk besuci (lagi).

Selain pendapat dari ulama-ulama mazhab di atas, ada juga ulama yang memiliki pendapat berbeda tentang air *musta‘mal*. Mereka berpendapat bahwa air *musta‘mal* itu tidak ada. Kalaupun ada, statusnya tetap sama seperti air mutlak, yaitu suci dan menyucikan. Pendapat demikian ini disandarkan pada hadis-hadis berikut.

ثُمَّ قَبَضَ قَبْضَةً مِنَ الْمَاءِ، ثُمَّ نَفَضَ يَدَهُ، ثُمَّ مَسَحَ بِهَا رَأْسَهُ وَأُذُنَيْهِ. (رواه أحمد عن علي بن أبي طالب)

(Dalam rangkaian wudunya), Rasulullah mengambil secakupan air, lalu mengucurkannya ke lengannya, lalu mengusap kepala dan kedua telinganya dengan air itu. (Riwayat Aḥmad dari ‘Aliy bin Abū Ṭālib)

قِيلَ لِعَبْدِ اللهِ بْنِ زَيْدِ بْنِ عَاصِمٍ الْأَنْصَارِيِّ: تَوَضَّأْ لَنَا وُضُوْءَ رَسُوْلِ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: فَدَعَا بِإِنَاءٍ فَأَكْفَأَ مِنْهَا عَلَى يَدَيْهِ فَغَسَلَهُمَا ثَلَاثًا، ثُمَّ أَدْخَلَ يَدَهُ فَاسْتَخْرَجَهَا فَمَضْمَضَ وَاسْتَنْشَقَ مِنْ كَفٍّ وَاحِدَةٍ فَفَعَلَ ذَلِكَ ثَلَاثًا، ثُمَّ أَدْخَلَ يَدَهُ فَاسْتَخْرَجَهَا فَغَسَلَ وَجْهَهُ ثَلَاثًا، ثُمَّ أَدْخَلَ يَدَهُ فَاسْتَخْرَجَهَا فَغَسَلَ يَدَيْهِ إِلَى الْمِرْفَقَيْنِ مَرَّتَيْنِ مَرَّتَيْنِ، ثُمَّ أَدْخَلَ يَدَهُ فَاسْتَخْرَجَهَا فَمَسَحَ بِرَأْسِهِ فَأَقْبَلَ بِيَدَيْهِ وَأَدْبَرَ، ثُمَّ غَسَلَ رِجْلَيْهِ إِلَى الْكَعْبَيْنِ، ثُمَّ قَالَ: هَكَذَا كَانَ وُضُوْءُ رَسُوْلِ اللهِ صَلَّى

اللّٰهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ. (رواه مسلم عن عبد الله بن زيد)

Seseorang berkata kepada ‘Abdullāh bin Zaid bin ‘Āṣim al-Anṣāriy, “Tunjukkan kepada kami cara Rasulullah berwudu.” Dia lalu meminta sebuah wadah berisi air lalu dikucurkanlah air itu ke kedua tangannya dan membasuhnya tiga kali, kemudian dia masukkan tangannya (ke dalam wadah untuk mencakup air), lalu ia mengeluarkannya (dan menggunakan air dari cakupannya untuk) berkumur dan menyedot air dengan hidungnya sekaligus dari satu telapak tangan. Dia melakukan hal itu tiga kali. Dia kemudian memasukkan tangannya (ke dalam wadah untuk mencakup air) dan mengeluarkannya kembali (dan menggunakan air dari cakupannya untuk) membasuh wajahnya tiga kali. Dia kemudian memasukkan tangannya (ke dalam wadah untuk mencakup air), lalu ia mengeluarkannya (dan menggunakan air dari cakupannya untuk) membasuh kedua tangannya hingga kedua siku masing-masing sebanyak dua kali. Dia kemudian memasukkan tangannya (ke dalam wadah untuk mencakup air), lalu ia mengeluarkannya (dan menggunakan air dari cakupannya untuk) mengusap kepalanya dengan menggerakkan kedua tangannya dari depan ke belakang. Dia kemudian membasuh kedua kakinya hingga dua mata kaki. Dia lantas berkata, “Demikianlah cara Rasulullah berwudu.” (Riwayat Muslim dari ‘Abdullāh bin Zaid)

Ada pula kisah yang menyatakan bahwa seorang muslim itu tidak najis.

إِنَّ أَبَا هُرَيْرَةَ لَقِيَهُ النَّبِيُّ صَلَّى اللّٰهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فِيْ طَرِيْقٍ مِنْ طُرُقِ الْمَدِيْنَةِ وَهُوَ جُنُبٌ فَانْسَلَّ فَذَهَبَ فَاغْتَسَلَ، فَتَفَقَّدَهُ النَّبِيُّ صَلَّى اللّٰهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، فَلَمَّا جَاءَهُ قَالَ: أَيْنَ كُنْتَ يَا أَبَا هُرَيْرَةَ؟ قَالَ: يَا رَسُوْلَ اللّٰهِ، لَقِيْتَنِيْ وَأَنَا جُنُبٌ فَكَرِهْتُ أَنْ أُجَالِسَكَ حَتَّى أَغْتَسِلَ، فَقَالَ رَسُوْلُ اللّٰهِ صَلَّى اللّٰهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: سُبْحَانَ اللّٰهِ إِنَّ الْمُؤْمِنَ لَا يَنْجُسُ. (رواه البخاري ومسلم عن أبي هريرة)

Abu Hurairah bertemu Rasulullah di suatu jalan di Madinah. Dia saat itu sedang junub. Dia lantas menyelinap dan menghindari Rasulullah untuk mandi. Rasulullah pun merasa kehilangan dia. Ketika dia menghadap, beliau bertanya, “Kemana saja engkau, wahai Abū Hurairah?” Dia menjawab, “Wahai Rasulullah, engkau menemuiku saat aku sedang junub. Aku enggan duduk bersamamu sebelum aku mandi.” Rasulullah bersabda, “Subḥānallāh! Sungguh, orang beriman tidaklah najis.” (Riwayat al-Bukhāriy dan Muslim Abū Hurairah)

Dalam pandangan ulama yang menafikan adanya *musta‘mal*, hadis di atas menegaskan bahwa orang beriman tidak najis. Karenanya, tidak ada alasan untuk menjadikan air yang telah dipergunakannya untuk bersuci hilang kesuciannya, hanya karena disentuh seorang mukmin yang pada dasarnya suci. Secara umum, benda suci apabila menyentuh benda suci yang lain tidak akan menimbulkan pengaruh apapun, apalagi sampai menghilangkan kesuciannya.

3. Air yang Tercampur Benda Suci

Air yang tercampur barang yang suci atau bukan najis hukumnya akan tetap suci dan menyucikan. Contohnya adalah air yang bercampur dengan sabun, tumbuhan, minyak tumbuhan, kapur barus, dan sejenisnya, selama sifat air masih melekat padanya.

دَخَلَ عَلَيْنَا رَسُولُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ حِيْنَ تُوُفِّيَتِ ابْنَتُهُ، فَقَالَ: اِغْسِلْنَهَا ثَلَاثًا أَوْ خَمْسًا أَوْ أَكْثَرَ مِنْ ذَلِكَ إِنْ رَأَيْتُنَّ ذَلِكَ، بِمَاءٍ وَسِدْرٍ، وَاجْعَلْنَ فِي الْآخِرَةِ كَافُوْرًا–أَوْ شَيْئًا مِنْ كَافُوْرٍ–فَإِذَا فَرَغْتُنَّ فَآذِنَّنِيْ، فَلَمَّا فَرَغْنَا آذَنَّاهُ، فَأَعْطَانَا حِقْوَهُ، فَقَالَ: أَشْعِرْنَهَا إِيَّاهُ، تَعْنِي إِزَارَهُ. (رواه البخاري ومسلم عن أم عطية)

Ketika putri Rasulullah (Zainab) wafat, beliau masuk (ke ruangan kami). Beliau bersabda, "Mandikanlah dia (jenazah Zainab) sebanyak tiga atu lima kali, atau lebih dari itu jika perlu, dengan air yang dicampur daun bidara. Lalu campurlah air (bilasan terakhir) dengan kapur barus atau sejenisnya. Bila kalian usai memandikannya, beritahulah aku." Begitu usai memandikannya, kami pun memberitahu beliau. Beliau kemudian menyerahkan sehelai kain kafan (sejenis sarung) seraya berkata, "Balutkan kain ini pada tubuhnya." (Riwayat al-Bukhāriy dan Muslim dari Ummu 'Aṭiyyah)

إِنَّ رَسُوْلَ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ اغْتَسَلَ هُوَ وَمَيْمُوْنَةُ مِنْ إِنَاءٍ وَاحِدٍ، فِيْ قَصْعَةٍ فِيْهَا أَثَرُ الْعَجِيْنِ. (رواه النسائي عن أم هانئ)

Rasulullah mandi bersama Maimunah (istrinya) dari satu wadah yang sama, yang padanya terdapat bekas adonan tepung. (Riwayat an-Nasā'iy dari Ummu Hāni')

Jika berubah dari kriteria airnya maka air itu tetap suci, hanya saja tidak menyucikan. Air yang demikian disebut air *ṭāhir gair muṭahhir* (suci tapi tidak menyucikan) atau air *muqayyad*, yaitu air yang bercampur zat suci yang lalu mendominasi air tersebut sehingga berubah dari sifat asalnya. Contohnya adalah air teh, air kopi, sirop, air kelapa, parfum cair hasil sulingan bunga, minyak cengkih, air bubur kacang hijau, atau air yang sangat keruh karena bercampur tanah.

4. Air yang Tercampur Benda Najis (Air *Mutanajjis*)

Air yang bercampur dengan barang najis mempunyai dua kemungkinan hukum, yaitu antara air itu berubah atau tidak berubah setelah tercampur dengan barang najis.

Kriteria perubahan terletak pada bau, rasa, dan warna air. Jika berubah bau, rasa dan warnanya, maka hukum air tersebut menjadi najis. Hal ini disebutkan oleh Ibnu al-Munżir dan Ibnu al-Mulaqqin. Jika tidak berubah bau, rasa, dan warnanya, maka hukum airnya menurut beberapa ulama tetap

suci dan menyucikan, baik jumlahnya sedikit ataupun banyak (sama dengan atau lebih dari 2 *qullah*). Para ulama dari mazhab Syafi'i mempunyai pendapat yang berbeda. Menurut mereka, air yang terkena najis dan tidak berubah salah satu dari bau, rasa, atau warnanya bila kurang dari 2 *qullah*, dinilai tidak suci. Bila jumlahnya sama dengan atau lebih dari 2 *qullah*, maka hukumnya suci dan menyucikan.

Demikianlah uraian mengenai jenis-jenis air dalam kaitannya sebagai alat bersuci. Patut pula disebutkan di sini beberapa hadis yang memberi panduan terkait bersuci menggunakan air bekas minum manusia maupun hewan. Pada dasarnya, air bekas minum manusia tidaklah najis, sebagaimana disebutkan dalam hadis di bawah ini.

كُنْتُ أَشْرَبُ وَأَنَا حَائِضٌ، ثُمَّ أُنَاوِلُهُ النَّبِيَّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَيَضَعُ فَاهُ عَلَى مَوْضِعِ فِيَّ، فَيَشْرَبُ. (رواه مسلم عن عائشة)

Aku minum saat haid, lalu aku berikan wadah minuman itu kepada Nabi. Beliau tempelkan mulutnya pada tempat aku tempelkan mulutku. (Riwayat Muslim dari 'Ā'isyah)

Nabi juga menegaskan bahwa orang musyrik, meski secara akidah (maknawi) najis, namun secara ragawi mereka tetaplah suci. Terkait najisnya akidah mereka, Allah berfirman,

يٰٓاَيُّهَا الَّذِيْنَ اٰمَنُوْٓا اِنَّمَا الْمُشْرِكُوْنَ نَجَسٌ فَلَا يَقْرَبُوا الْمَسْجِدَ الْحَرَامَ بَعْدَ عَامِهِمْ هٰذَاۚ وَاِنْ خِفْتُمْ عَيْلَةً فَسَوْفَ يُغْنِيْكُمُ اللّٰهُ مِنْ فَضْلِهٖٓ اِنْ شَاۤءَۗ اِنَّ اللّٰهَ عَلِيْمٌ حَكِيْمٌ ۝٢٨

Wahai orang-orang yang beriman! Sesungguhnya orang-orang musyrik itu najis (kotor jiwa), karena itu janganlah mereka mendekati Masjidilharam setelah tahun ini. Dan jika kamu khawatir menjadi miskin (karena orang kafir tidak datang), maka Allah nanti akan memberikan kekayaan kepadamu dari karunia-Nya, jika Dia menghendaki. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui, Mahabijaksana. (at-Taubah/9: 28)

Dilihat dari aspek akidah, mereka adalah orang-orang batil yang tidak peduli pada kotoran dan najis. Akan tetapi, bukan badan atau tubuh mereka yang najis. Pada masa Rasulullah, mereka tetap diperbolehkan berinteraksi dengan kaum muslim. Bahkan ada di antara mereka yang diperkenankan memasuki Masjid Nabawi. Rasulullah tidak pernah meminta para sahabat membasuh benda yang disentuh oleh anggota tubuh orang-orang musyrik. Hal ini menjadi landasan bahwa badan orang-orang musyrik tidak najis.

Adapun status air sisa yang telah diminum hewan yang boleh dimakan dagingnya adalah suci. Yang demikian itu karena air liurnya keluar dari daging yang suci, sehingga air sisa minumnya

pun tetap suci. Demikian pula halnya sisa air minuman keledai, burung, dan binatang buas adalah suci. Dalilnya adalah hadis berikut.

قِيْلَ: يَا رَسُوْلَ اللهِ، أَنَتَوَضَّأُ بِمَا أَفْضَلَتِ الْحُمُرُ؟ قَالَ: نَعَمْ، وَبِمَا أَفْضَلَتِ السِّبَاعُ كُلُّهَا. (رواه البيهقي عن جابر بن عبد الله)

Rasulullah pernah ditanya, "Bolehkah kami berwudu dengan air sisa minum keledai?" Beliau menjawab, "Boleh. Begitu juga dengan air sisa minum seluruh binatang buas." (Riwayat al-Baihaqiy dari Jābir bin 'Abdullāh)

خَرَجَ رَسُولُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فِيْ بَعْضِ أَسْفَارِهِ فَسَارَ لَيْلًا، فَمَرُّوْا عَلَى رَجُلٍ جَالِسٍ عِنْدَ مُقْرَاةٍ لَه، فَقَالَ عُمَرُ: يَا صَاحِبَ الْمُقْرَاةِ، أَوَلَغَتِ السِّبَاعُ اللَّيْلَةَ فِيْ مُقْرَاتِكَ؟ فَقَالَ لَهُ النَّبِيُّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: يَا صَاحِبِ الْمُقْرَاةِ، لَا تُخْبِرْهُ! هَذَا مُتَكَلِّفٌ، لَهَا مَا حَمَلَتْ فِيْ بُطُوْنِهَا وَلَنَا مَا بَقِيَ شَرَابٌ وَطَهُوْرٌ. (رواه الدارقطني عن ابن عمر)

Suatu malam Rasulullah bepergian. Beliau berpapasan dengan seorang pria yang duduk di pinggir telaga miliknya. 'Umar (yang menemani Rasulullah) bertanya, "Wahai pemilik telaga, adakah binatang buas yang minum air di telagamu malam ini?' Rasulullah menyela, "Wahai pemilik telaga, jangan kauberitahu dia! Dia terlalu menyusahkan diri. Air yang sudah diminum binatang buas, itulah rezekinya, sedangkan sisanya dapat kita minum dan suci." (Riwayat ad-Dāruquṭniy dari Ibnu 'Umar)

Air sisa minum kucing statusnya juga suci. Hal ini dilandaskan pada hadis berikut.

إِنَّ أَبَا قَتَادَةَ دَخَلَ عَلَى كَبْشَةَ بِنْتِ كَعْبِ بْنِ مَالِكٍ وَكَانَتْ عِنْدَ ابْنِ أَبِيْ قَتَادَةَ، قَالَتْ: فَسَكَبْتُ لَهُ وَضُوْءًا، قَالَتْ: فَجَاءَتْ هِرَّةٌ تَشْرَبُ، فَأَصْغَى لَهَا الْإِنَاءَ حَتَّى شَرِبَتْ، قَالَتْ كَبْشَةُ: فَرَآنِيْ أَنْظُرُ إِلَيْهِ، فَقَالَ: أَتَعْجَبِيْنَ يَا بِنْتَ أَخِيْ؟ فَقُلْتُ: نَعَمْ، فَقَالَ: إِنَّ رَسُوْلَ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: إِنَّهَا لَيْسَتْ بِنَجَسٍ، إِنَّمَا هِيَ مِنَ الطَّوَّافِيْنَ عَلَيْكُمْ، أَوِ الطَّوَّافَاتِ. (رواه النسائي عن أم هانئ)

Suatu ketika Abū Qatādah masuk ke rumah Kabsyah binti Ka'b bin Mālik, istri putra Abū Qatādah. Kabsyah berkata, "Aku menyiapkan air wudu untuknya. Tiba-tiba seekor kucing menghampiri untuk minum. Dia mendekatkan bejana (air) itu hingga kucing itu minum air untuk wudu tersebut. Abū Qatādah sadar kalau aku memandangnya (dengan penuh kebingungan). Dia bertanya kepadaku, "Apakah engkau merasa heran, wahai putri saudaraku?" "Benar," jawabku. Dia berkata, sesungguhnya Rasulullah bersabda, "Sesungguhnya ia (kucing) bukanlah hewan najis. Ia hanyalah hewan jinak yang senantiasa berada di sekelilingmu." (Riwayat Aḥmad, at-Tirmiżiy, dan Ibnu Mājah)

Adapun sisa air minum hewan yang najis (anjing, babi) adalah najis. Dalil kenajisannya di antaranya adalah hadis berikut.

إِذَا وَلَغَ الْكَلْبُ فِيْ إِنَاءِ أَحَدِكُمْ فَلْيُرِقْهُ ثُمَّ لِيَغْسِلْهُ سَبْعَ مِرَارٍ. (رواه مسلم عن أبي هريرة)

Jika anjing menjilat bejana milik salah satu dari kalian, maka tumpahkanlah (air di dalamnya), lalu cucilah wadah itu sebanyak tujuh kali. (Riwayat Muslim dari Abū Hurairah)

Penjelasan dalam fikih Islam tentang air sudah jelas, dan seharusnya dapat dilaksanakan. Meski demikian, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan perlu kebjiaksanaan tersendiri untuk menentukan pilihan. Misal saja mengenai penggunaan air sungai yang bercampur limbah, untuk bersuci.

Pada dasarnya, air sungai adalah suci, karena dinilai sama karakternya dengan air sumur atau mata air.Sejak lama umat Islam mandi, wudu, membersihkan najis, dan beristinja dengan air sungai. Namun, seiring terjadinya perusakan lingkungan, terutama di kota-kota besar, air sungai menjadi tercemar logam berat dan limbah beracun lainnya. Meski bisa saja air sungai itu tidak mengandung najis, namun air yang tercemar dengan logam berat itu sangat membahayakan kesehatan. Dalam kondisi seperti ini, sebaiknya air demikian tidak digunakan karena memberikan mudarat yang besar.

Selain itu, seringkali air sungai itu sangat tercemar berat dengan limbah domestik, seperti kotoran ternak, limbah domestik, atau kotoran manusia, sehingga lama-kelamaan air sungai berubah warna, bau, dan rasanya. Dengan demikian, dapat saja air sungai itu dinilai najis, meski jumlah airnya banyak. Meski jumlah airnya banyak, tetapi proses pencemaran yang terus-menerus hingga mengubah rasa, warna, dan aromanya membuat najis itu terasa sangat dominan dalam air sungai, sehingga jelaslah air sungai itu menjadi najis. Air sungai yang seperti ini, dengan demikian, tidak sah bila digunakan untuk berwudu, mandi junub, atau membersihkan najis. []

LAMPIRAN 2
LARANGAN MEMAKAN BANGKAI DAN MEMINUM DARAH

A. BANGKAI DAN DARAH MENURUT FIKIH

Al-Qur'an mengatur jenis-jenis makanan yang baik dan yang buruk bagi umat Islam dengan cara mengatur mana yang halal dan yang haram. Di antara jenis-jenis makanan yang diatur dengan jelas adalah daging, sebagaimana tercantum dalam dua ayat berikut.

اِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنْزِيْرِ وَمَآ اُهِلَّ بِهٖ لِغَيْرِ اللّٰهِ ۚ فَمَنِ اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَّلَا عَادٍ فَلَآ اِثْمَ عَلَيْهِ ۗ اِنَّ اللّٰهَ غَفُوْرٌ رَّحِيْمٌ ١٧٣

Sesungguhnya Dia hanya mengharamkan atasmu bangkai, darah, daging babi, dan (daging) hewan yang disembelih dengan (menyebut nama) selain Allah. Tetapi barang siapa terpaksa (memakannya), bukan karena menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sungguh, Allah Maha Pengampun, Maha Penyayang. (al-Baqarah/2: 173)

قُلْ لَّآ اَجِدُ فِيْ مَآ اُوْحِيَ اِلَيَّ مُحَرَّمًا عَلٰى طَاعِمٍ يَّطْعَمُهٗٓ اِلَّآ اَنْ يَّكُوْنَ مَيْتَةً اَوْ دَمًا مَّسْفُوْحًا اَوْ لَحْمَ خِنْزِيْرٍ فَاِنَّهٗ رِجْسٌ اَوْ فِسْقًا اُهِلَّ لِغَيْرِ اللّٰهِ بِهٖ ۚ فَمَنِ اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَّلَا عَادٍ فَاِنَّ رَبَّكَ غَفُوْرٌ رَّحِيْمٌ ١٤٥

Katakanlah, "Tidak kudapati di dalam apa yang diwahyukan kepadaku, sesuatu yang diharamkan memakannya bagi yang ingin memakannya, kecuali daging hewan yang mati (bangkai), darah yang mengalir, daging babi—karena semua itu kotor—atau hewan

yang disembelih bukan atas (nama) Allah. Tetapi barang siapa terpaksa bukan karena menginginkan dan tidak melebihi (batas darurat) maka sungguh, Tuhanmu Maha Pengampun, Maha Penyayang." (al-An'ām/6: 145)

Dalam tulisan ini, hanya bangkai dan darah yang akan dibahas, karena dianggap berkaitan dengan kehadiran jasad renik di dalamnya. Sumber makanan haram lainnya tidak dibicarakan secara khusus, kecuali bila ada kaitannya dengan jasad renik secara signifikan, misalnya mengenai larangan memakan hewan buas (baik burung maupun mamalia). Larangan ini lebih tepat dijelaskan dari rendahnya energi yang dikandung hewan dalam tingkat ini dibandingkan dengan hewan pemakan tumbuhan.

Alasan mengapa bangkai patut diragukan untuk dimakan adalah sebagai berikut. Yang dinamakan bangkai adalah hewan mati yang tidak diketahui penyebabnya, apakah mati karena dicekik, dipukul, diburu orang, karena kecelakaan, karena penyakit, akibat minum racun, mati karena bertarung, dibunuh pemangsa, karena tua, atau semacamnya. Umumnya, bangkai dijauhi orang karena benda itu bukanlah suatu pemandangan yang indah untuk dilihat, mengeluarkan bau busuk, dan mungkin merupakan sumber penyakit akibat kehadiran berbagai jasad renik patogen di dalamnya.

Meski bangkai secara umum haram dikonsumsi, namun ada pula bangkai yang dikecualikan. Pengecualian diberikan kepada bangkai ikan (juga secara umum, hewan yang hidup di air), ayatnya berbunyi demikian.

اُحِلَّ لَكُمْ صَيْدُ الْبَحْرِ وَطَعَامُهٗ مَتَاعًا لَّكُمْ وَلِلسَّيَّارَةِۚ وَحُرِّمَ عَلَيْكُمْ صَيْدُ الْبَرِّ مَا دُمْتُمْ حُرُمًاۗ وَاتَّقُوا اللّٰهَ الَّذِيْٓ اِلَيْهِ تُحْشَرُوْنَ ﴿٩٦﴾

Dihalalkan bagimu hewan buruan laut dan makanan (yang berasal) dari laut sebagai makanan yang lezat bagimu, dan bagi orang-orang yang dalam perjalanan; dan diharamkan atasmu (menangkap) hewan darat, selama kamu sedang ihram. Dan bertakwalah kepada Allah yang kepada-Nya kamu akan dikumpulkan (kembali). (al-Mā'idah/5: 96)

Pengeculian juga diberikan kepada bangkai belalang, sebagaimana dijelaskan dalam hadis berikut.

أُحِلَّتْ لَنَا مَيْتَتَانِ وَدَمَانِ، فَأَمَّا الْمَيْتَتَانِ فَالْجَرَادُ وَالْحُوتُ، وَأَمَّا الدَّمَانُ فَالطِّحَالُ وَالْكَبِدُ. (رواه أحمد وابن ماجه عن ابن عمر)

Dihalalkan bagi kita (umat Islam) dua bangkai dan dua darah. Dua bangkai itu adalah belalang dan ikan. Adapun dua darah adalah limpa dan hati. (Riwayat Aḥmad dan Ibnu Mājah dari Ibnu 'Umar)

Ayat di atas menyatakan bahwa semua hewan yang hidup di lautan, baik

yang diperoleh dengan cara berburu (mengail, menjala, menombak, dan sejenisnya), maupun yang diperoleh setelah mati dan terapung atau terdampar di pantai, berstatus halal.

Adapun frasa dalam Surah al-An'ām/6: 145 yang berbunyi "darah yang mengalir" ditafsirkan berbeda oleh para ulama. Ada yang memahami bahwa ayat ini mengharuskan darah hewan yang dipotong haruslah tuntas dan habis terbuang, barulah dagingnya halal dimakan. Ada pula yang memahami bahwa ayat ini mengharamkan umat Islam mengikuti budaya masyarakat Arab pada masa pra-Islam. Pada masa masyarakat Arab biasa mengonsumsi darah segar yang dikeluarkan dari hewan peliharaannya tanpa disembelih.

Untuk mengetahui keburukan mengonsumsi bangkai dan darah, kita perlu lebih dulu memahamai ekologi bangkai; apa yang terjadi pada bangkai sehingga tidak layak dimakan dan dapat menimbulkan banyak penyakit, bahkan memicu wabah yang mematikan banyak orang.

B. EKOLOGI BANGKAI

Proses dekomposisi bangkai terjadi terutama oleh aktivitas serangga (seperti lalat dan kumbang) serta jasad renik. Jasad renik, seperti bakteri dan jamur renik, umumnya mempengaruhi terjadinya aliran energi dan material di dalam ekosistem. Bakteri yang hidup di tanah akan berperan sebagai perombak apabila ada bangkai hewan di sekitarnya. Agar lebih jelas, berikut uraian mengenai proses perombakan yang terjadi pada bangkai.

Pada saat terjadinya kematian hewan, enzim-enzim pencernaan dan senyawa lain yang diproduksi organ tubuh akan melakukan suatu proses yang disebut *autolysis*. Proses ini adalah saat enzim mulai merombak sisa makanan, juga material daging dan otot pada organ pencernaan. Jasad renik yang hidup di permukaan bagian dalam saluran pencernaan, pada saat organisme hidup, akan berada dalam keadaan terkontrol. Pada saat organisme mati, jasad renik ini akan menjadi bebas dan ikut berpartisipasi dalam melakukan prombakan di semua bagian tubuh hewan.

Bakteri memanfaatkan semua makromolekul (seperti protein dan karbohidrat) yang hadir dalam daging dan otot hewan untuk tumbuh dan memperbanyak diri. Untuk melakukan kegiatan ini, bakteri akan menghasilkan produk kimia, seperti amonia, cadaverine, hydrogen sulfit, dan putrecine. Pada saat ini akan tercium bau dari pembusukan, dan terlihat adanya pemudaran warna pada daging karena

perombakan. Saat mengonsumsi daging, bakteri juga menghasilkan gas yang diproduksi melalui proses fermentasi. Bau yang ditimbulkan proses fermentasi ini akan menarik hewan serangga, mamalia, hingga burung untuk mendatangi bangkai dan melanjutkan proses dekomposisi bangkai.

Makhluk pertama yang mengkolonisasi dan berperan besar terhadap proses dekomposisi bangkai adalah lalat. Dua di antaranya adalah jenis-jenis yang dikenal dengan nama *blow flies* dan *flesh flies*. Kedua kelompok lalat ini menyebar luas di semua pelosok bumi. Lalat menggunakan bangkai sebagai tempat menaruh telur (kebanyakan jenis *blow flies*) atau larva (yang berupa belatung, kebanyakan jenis *flesh flies*) agar bertumbuh dengan menggunakan daging bangkai sebagai makanannya. Stadium terakhir lalat, yang dinamakan pupa, akan menetas dan terbang menjadi lalat dewasa.

Lalat pemanfaat bangkai dapat menciri bangkai hanya dalam hitungan menit sejak kematian hewan, dengan mengikuti sumber bau bangkai. Di saat itu pula lalat betina mulai menaruh telur atau larva. Dalam waktu singkat bangkai sudah dihuni oleh ratusan bahkan ribuan larva lalat. Larva akan mengubah daging busuk menjadi daging tubuhnya sendiri. Mendekati stadium terakhir, larva lalat jenis tertentu akan keluar dari bangkai dan mencari tempat di tanah untuk berubah menjadi pupa. Setelah beberapa waktu, pupa akan berubah menjadi lalat muda dan terbang mencari bangkai baru.

Serangga kelompok kedua yang sangat bergantung pada keberadaan bangkai adalah kumbang bangkai. Tergantung pada jenisnya, kumbang memiliki beberapa peran dalam ekosistem bangkai. Ada kumbang yang khusus memakan daging busuk, dan berperan sebagai dekomposer; ada kumbang yang memangsa telur/larva lalat saja; dan ada pula jenis lain yang memakan daging dan telur/larva lalat sekaligus.

Hewan besar bertulang belakang, seperti mamalia dan kelompok burung, banyak memanfaatkan bangkai untuk memperoleh nutrisi. Kelompok ini memakan daging dan bagian lain dari bangkai yang tidak dapat dimanfaatkan oleh serangga dan jasad renik (tulang, kulit, bulu, dan lainnya).

Hewan bertulang belakang atau serangga, pada dasarnya, lebih menyukai bangkai "segar" dibandingkan bangkai yang telah dikoloni oleh jasad renik. Serangga, misalnya, mempunyai cara tersendiri dalam bersaing dengan jasad renik dalam memperebutkan bangkai. Serangga akan mengeluarkan cairan atau kotoran yang akan menyebabkan jasad renik tidak dapat berkem-

bang dengan baik. Dengan demikian, mutu daging bangkai tetap baik (tidak rusak oleh perombakan jasad renik) untuk perkembangan larvanya, atau tetap "segar" untuk dimakan oleh serangga dewasanya.

Jasad renik, seperti bakteri dan jamur renik, berperan besar dalam proses aliran energi dan material dalam ekosistem. Banyak bakteri tanah yang berperan dalam dekomposisi bangkai hewan menjadi material organik dan nutrisi.

Semula tidak diketahui secara jelas peran dan cara jasad renik melakukan dekomposisi bangkai, demikian pula hubungannya dengan serangga pemanfaat bangkai. Kini, jasad renik diketahui memberi pengaruh terhadap suatu ekosistem dengan perannya sebagai perombak (*decomposer*), patogen (menimbulkan penyakit), dan mutualis (dapat bekerja sama dengan organisme lain). Tetapi, jasad renik dapat pula menjadi pesaing dalam hal perolehan makanan dengan makhluk yang jauh lebih besar, seperti serangga atau mamalia pemangsa. Misalnya dalam persaingan memakan bangkai, buah, atau biji-bijian. Penggunaan antibiotik kerap ditemukan dalam persaingan antar-jenis jasad renik dalam memperebutkan bangkai. Bahkan, material kimia ini ternyata digunakan pula dalam persaingan jasad renik dengan makhluk di tingkat yang lebih tinggi dalam rantai makanan.

Beralih ke pembahasan tentang larangan mengonsumsi darah; beberapa alasan berikut dapat menjadi pertimbangan logis bagi manusia untuk tidak mengkonsumsinya.

1. Darah pada dasarnya terdiri atas 90% air, tempat plasma darah "berenang". Dengan demikian, adalah salah bila seseorang berpikir darah memiliki nilai nutrisi yang tinggi. Seseorang harus mengonsumsi banyak sekali darah untuk memperoleh protein dari butir darah, dan sedikit mineral besi. Tampaknya bukan ide baik untuk memperoleh yang sedikit itu dengan mempertaruhkan diri untuk tertular penyakit yang mungkin saja dibawa cairan darah.
2. Secara ringkas dapat dipastikan bahwa darah tidaklah kaya nutrisi seperti kepercayaan banyak orang. Karena itu, larangan agama dalam hal ini jelas bukan dalam rangka menghalangi manusia memperoleh nutrisi tinggi.
3. Dalam cairan darah terkandung banyak elemen beracun yang dapat meracuni tubuh orang yang memakannya. Di antaranya adalah gas karbondioksida yang masuk ke cairan darah dari berbagai bagian tubuh. Gas ini terutama akan mera-

cuni orang yang langsung meminum darah segar.

Lampiran ini dikhususkan untuk membahas dua bahan yang diharamkan oleh Islam, yakni bangkai dan darah. Sebetulnya masih ada makanan lain yang juga diharamkan, seperti hewan dan burung buas. Dari sudut ilmu pengetahuan, larangan ini tidak terkait dengan jenis-jenis jasad renik yang ada pada hewan dan burung buas itu. Akan tetapi, sebuah penelitian menemukan bahwa mengkonsumsi hewan buas tidak terlalu menguntungkan bagi penyerapan energi. Energi yang diperoleh dari mengonsumsi hewan buas, menurut penelitian ini, jauh lebih rendah daripada mengonsumsi daging hewan pemakan tumbuhan. Penjelasan sederhananya adalah, makin jauh kedudukan organisme dari produsen primer (tumbuhan) maka makan kecil pula energi yang dikandung oleh dagingnya. []

LAMPIRAN 3
MENCABUT BULU KETIAK DAN MENCUKUR BULU KEMALUAN

A. HUKUM SEPUTAR RAMBUT

Allah menciptakan segala sesuatu tentu tidak dengan sia-sia. Pasti terkandung hikmah dan manfaat, baik yang sudah maupun belum diketahui. Demikian pula halnya rambut yang tumbuh di tubuh manusia. Ditinjau dari hukum Islam (fikih), terdapat beberapa aturan mengenai rambut, yaitu: (1) rambut yang harus dihilangkan; (2) rambut yang dapat dihilangkan atau dibiarkan; dan (3) rambut yang wajib dibiarkan.

Ada rambut di bagian tubuh yang boleh dihilangkan atau dibiarkan, seperti rambut kepala, jenggot, dan rambut di lengan atau kaki. Rambut yang dibiarkan tumbuh ini harus dimuliakan, sebagaimana sabda Nabi,

مَنْ كَانَ لَهُ شَعْرٌ، فَلْيُكْرِمْهُ. (رواه أبو داود عن أبي هريرة)

Barang siapa memiliki rambut, hendaklah dia memuliakannya. (Riwayat Abū Dāwūd dari Abū Hurairah)

Yang dimaksud memuliakan rambut adalah merapikan, merawat, dan membersihkannya dengan baik.

كَانَ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يُكْثِرُ دَهْنَ رَأْسِهِ وَتَسْرِيْحَ لِحْيَتِهِ وَيُكْثِرُ الْقِنَاعَ، كَأَنَّ ثَوْبَهُ ثَوْبُ زَيَّاتٍ. (رواه البغوي عن أنس)

Rasulullah sering meminyaki rambutnya, menyisir jenggotnya, dan memakai tudung ke-

pala. (Banyaknya minyak di kepala beliau) membuat bajunya terlihat seperti baju penjual minyak. (Riwayat al-Bagawiy dari Anas)

أَتَيْتُ النَّبِيَّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ وَلِيْ شَعْرٌ طَوِيْلٌ، فَلَمَّا رَآنِيْ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: ذُبَابٌ ذُبَابٌ. قَالَ: فَرَجَعْتُ فَجَزَزْتُهُ، ثُمَّ أَتَيْتُهُ مِنَ الْغَدِ، فَقَالَ: إِنِّيْ لَمْ أَعْنِكَ، وَهَذَا أَحْسَنُ. (رواه أبو داود عن وائل بن حجر)

Aku menemui Rasulullah, ketika itu rambutku panjang. Saat melihatku, beliau bersabda, "(Penampilanmu) buruk." Aku lalu pulang dan mencukurnya. Keesokan harinya aku kembali menemui beliau. (Saat melihatku,) beliau bersabda, "(Ke-marin) aku tidak bermaksud (mengolok-olok) dirimu. Akan tetapi, (penampilanmu) ini lebih baik." (Riwayat Abū Dāwūd dari Wā'il bin Ḥujr)

Adapun rambut yang harus dibiarkan dan tidak boleh dihilangkan adalah jenggot pada laki-laki, rambut alis, bulu mata. Nabi bersabda,

اِنْهَكُوا الشَّوَارِبَ، وَأَعْفُوا اللِّحَى. (رواه البخاري عن ابن عمر)

Cukurlah dengan tipis kumis kalian, dan perbanyaklah (tebalkanlah) jenggot kalian. (Riwayat al-Bukhāriy dari Ibnu 'Umar)

Adapun rambut yang dianjurkan untuk dihilangkan dan tidak boleh dibiarkan adalah rambut ketiak dan rambut kemaluan. Dalam sebuah hadis disebutkan,

عَشْرٌ مِنَ الْفِطْرَةِ: قَصُّ الشَّارِبِ، وَإِعْفَاءُ اللِّحْيَةِ، وَالسِّوَاكُ، وَاسْتِنْشَاقُ الْمَاءِ، وَقَصُّ الْأَظْفَارِ، وَغَسْلُ الْبَرَاجِمِ، وَنَتْفُ الْإِبِطِ، وَحَلْقُ الْعَانَةِ، وَانْتِقَاصُ الْمَاءِ. قَالَ مُصْعَبٌ: وَنَسِيْتُ الْعَاشِرَةَ إِلَّا أَنْ تَكُوْنَ الْمَضْمَضَةَ. (رواه مسلم عن عائشة)

Ada sepuluh hal yang termasuk fitrah, yaitu mencukur kumis, membiarkan jenggot tumbuh lebat, bersiwak, memasukkan air ke hidung, memotong kuku, mencuci celah jemari, mencabut bulu ketiak, mencukur rambut kemaluan, dan istinjak. Muṣ'ab (perawi hadis ini) berkata, "Aku lupa yang kesepuluh, tetapi yang aku ingat itu adalah berkumur." (Riwayat Muslim dari 'Ā'isyah)

B. FUNGSI RAMBUT

Fungsi rambut secara umum sangat banyak. Namun secara singkat, tiga fungsi berikut kiranya dapat memberi gambaran tentang peran rambut di tubuh.

1. Pengatur kehangatan tubuh

Rambut membantu manusia mempertahankan kehangatan tubuhnya dari pengaruh suhu udara di sekitarnya. Apabila suhu tubuh turun, otot-otot *arrector pilli* yang mengatur gerakan rambut menegang. Akibatnya,

posisi rambut akan tegak. Posisi rambut ini akan membantu menangkap udara panas dan membentuk suatu lapisan udara hangat di atas kulit. Proses tegaknya rambut ini dikenal secara umum sebagai "berdirinya bulu kuduk". Proses sebaliknya terjadi pada saat tubuh memanas. Otot-otot pengatur rambut akan mengakibatkan rambut "tidur" dan menempel pada kulit. Posisi rambut ini memberi kesempatan bagi panas untuk meninggalkan kulit.

2. Alat pelindung

Meski rambut tidak dapat melindungi manusia dari ancaman pemangsa (seperti yang terjadi pada landak yang rambutnya berubah menjadi duri), namun rambut pada manusia digunakan untuk melindungi organ-organ tertentu yang cukup sensitif. Bola mata merupakan salah satu organ yang dilindungi oleh rambut alis dan bulu mata.

3. Alat peraba

Pergerakan helai rambut, baik akibat sentuhan dengan benda lain, gerakan angin, atau vibrasi, benda lain, dapat dideteksi oleh saraf penerima yang ada di kulit sekitar akar rambut, sebagaimana terjadi pada bulu mata. Bulu mata sangat sensitif terhadap gangguan oleh benda atau kotoran yang potensial menggangu bola mata. Hewan yang hidup di kawasan berdebu dan berangin kencang, seperti unta, burung unta, dan kuda, memiliki bulu mata yang panjang untuk melindungi mata dari debu. Kelopak mata secara refleks akan menutup saat bulu mata menerima sinyal datangnya material yang tidak menguntungkan. Adapun alis mata dapat berperan sebagai pencegah bola mata dari gangguan keringat, kotoran, dan aliran air hujan.

C. FUNGSI RAMBUT DI KETIAK DAN SEKITAR KEMALUAN

Rambut di ketiak umumnya mulai tumbuh pada masa pubertas. Rambut ini tumbuh hingga akhir usia remaja, yakni usia 18–20 tahun. Perembesan feromon dari ketiak pada tingkat perkembangan manusia menunjukkan kaitan antara rambut ketiak dengan seksualitas.

Respons positif terhadap rangsangan alat pencium di dalam hewan mamalia dan desakan seks yang kuat yang disebabkan oleh perembesan feromon memberi petunjuk yang berguna mengenai tujuan dan kepentingan rambut ketiak kepada manusia. Pernah dikatakan bahwa rambut itu sendiri bertindak sebagai sifat "anti-geseran" antara lengan atas dengan toraks. Lebih penting lagi, rambut ke-

tiak secara semula jadi pengusir kelembapan dari kulit yang membantu kulit supaya cukup kering sehingga mencegah perkembangan bakteri yang mengeluarkan bau.

Sama halnya dengan rambut di ketiak, rambut di sekitar kemaluan juga mulai tumbuh pada masa pubertas. Di antara fungsi rambut sekitar kemaluan adalah memberi kehangatan, indikasi visual dari kematangan seksual, pengumpulan dari pengeluaran feromon, mengurangi gesekan luar saat hubungan seksual, dan pelindung alat kelamin.

Dari sekian banyak fungsi itu, rambut di ketiak dan sekitar kemaluan sama-sama berperan dalam mengumpulkan dan menyebarkan feromon. Feromon adalah suatu hormon yang mengeluarkan bau dan dihasilkan oleh salah satu kelenjar pada manusia dan hewan lainnya yang digunakan untuk berkomunikasi. Apabila satu individu mengeluarkan feromon, maka jenis yang sama akan menerimanya dengan cara mencium baunya atau menyentuhnya, dan bereaksi terhadapnya.

Perihal feromon, ada satu ayat Al-Qur'an yang menggunakan semut sebagai petunjuk, yakni dalam kisah Nabi Sulaiman.

حَتّٰىٓ اِذَآ اَتَوْا عَلٰى وَادِ النَّمْلِۙ قَالَتْ نَمْلَةٌ يّٰٓاَيُّهَا النَّمْلُ ادْخُلُوْا مَسٰكِنَكُمْۚ لَا يَحْطِمَنَّكُمْ سُلَيْمٰنُ

Hingga ketika mereka sampai di lembah semut, berkatalah seekor semut, "Wahai semut-semut! Masuklah ke dalam sarang-sarangmu, agar kamu tidak diinjak oleh Sulaiman dan bala tentaranya, sedangkan mereka tidak menyadari." (an-Naml/27: 18)

Meski banyak organ yang dimiliki semut untuk berkomunkasi, namun komunikasi utama yang dilakukan adalah komunikasi kimiawi yang diberi nama feromon. Hormon ini antara lain digunakan sebagai penanda jalan. Untuk penanda jalan, "cairan feromon" dijatuhkan semut di sepanjang jalan yang dipilihnya. Cairan ini kemudian diciri oleh sungut penerima sinyal feromon semut lainnya. Umumnya feromon digunakan untuk berkomunikasi dengan jenis yang sama, walau ada juga yang digunakan pada antarjenis. Misal, satu jenis semut dapat "memanggil" jenis semut lainnya untuk membantu mengangkut makanan yang berukuran besar. Kasta semut yang paling maju dalam penggunaan feromon adalah kasta tentara. Dengan satu sinyal kimia saja, semut tentara dapat memanggil semut tentara lainnya dalam jumlah ribuan ekor.

Dalam dunia hewan, feromon berperan untuk menarik lawan jenisnya. Individu hewan yang siap kawin akan mengiklankan diri dengan meng-

gunakan feromon untuk menarik lawan jenisnya yang berada cukup jauh darinya. Jenis feromon demikian ini diciri ada pada ketiak dan di sekitar alat kemaluan manusia.

Diciri bahwa feromon yang dihasilkan di ketiak dan selangkangan manusia merupakan hormon yang berkaitan dengan seks. Hormon ini akan ditangkap oleh rambut dan disebarkan dengan efektif ke sekitarnya. Apakah perintah mencukur rambut ketiak dan sekitar kemaluan (sehingga feromon tidak dapat menyebar secara efektif) dimaksudkan untuk mengurangi efek feromon kepada manusia lain yang berlawanan jenis, sehingga manusia dapat mengatur dan menahan nafsu birahinya hingga tingkat tertentu, hanya Allah yang tahu. []

LAMPIRAN 4
LARANGAN MENGGAULI ISTRI SAAT HAID

A. PANDANGAN AL-QUR'AN DAN HADIS

Dalam hubungan intim suami dan istri, Islam memberi pengaturan tersendiri, termasuk dalam hal waktu dan caranya. Salah satu di antaranya adalah aturan mengenai larangan menggauli istri saat haid. Allah berfirman,

وَيَسْـَٔلُوْنَكَ عَنِ الْمَحِيْضِ ۗ قُلْ هُوَ اَذًىۙ فَاعْتَزِلُوا النِّسَاۤءَ فِى الْمَحِيْضِۙ وَلَا تَقْرَبُوْهُنَّ حَتّٰى يَطْهُرْنَ ۚ فَاِذَا تَطَهَّرْنَ فَأْتُوْهُنَّ مِنْ حَيْثُ اَمَرَكُمُ اللّٰهُ ۗ اِنَّ اللّٰهَ يُحِبُّ التَّوَّابِيْنَ وَيُحِبُّ الْمُتَطَهِّرِيْنَ ﴿٢٢٢﴾

Dan mereka menanyakan kepadamu (Muhammad) tentang haid. Katakanlah, "Itu adalah sesuatu yang kotor." Karena itu jauhilah istri pada waktu haid; dan jangan kamu dekati mereka sebelum mereka suci. Apabila mereka telah suci, campurilah mereka sesuai dengan (ketentuan) yang diperintahkan Allah kepadamu. Sungguh, Allah menyukai orang yang tobat dan menyukai orang yang menyucikan diri. (al-Baqarah/2: 222)

Larangan dan kotornya menggauli istri saat haid itu disebutkan juga dalam sabda Nabi,

مَنْ أَتَى حَائِضًا أَوِ امْرَأَةً فِيْ دُبُرِهَا أَوْ كَاهِنًا فَقَدْ كَفَرَ بِمَا أُنْزِلَ عَلَى مُحَمَّدٍ. (رواه الترمذي عن أبي هريرة)

Barang siapa menggauli istrinya yang sedang haid atau menggaulinya pada duburnya, atau mendatangi dukun, maka sungguh ia telah kufur terhadap (Al-Qur'an) yang Allah

turunkan kepada Muhammad. (Riwayat at-Tirmiżiy dari Abū Hurairah)

جَاءَ عُمَرُ بْنُ الْخَطَّابِ إِلَى رَسُوْلِ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، فَقَالَ: يَا رَسُوْلَ اللهِ، هَلَكْتُ. قَالَ: وَمَا الَّذِيْ أَهْلَكَكَ؟ قَالَ: حَوَّلْتُ رَحْلِيَ الْبَارِحَةَ. قَالَ: فَلَمْ يَرُدَّ عَلَيْهِ شَيْئًا، قَالَ: فَأَوْحَى اللهُ إِلَى رَسُوْلِهِ هَذِهِ الْآيَةَ: {نِسَاؤُكُمْ حَرْثٌ لَكُمْ فَأْتُوْا حَرْثَكُمْ أَنَّى شِئْتُمْ} أَقْبِلْ، وَأَدْبِرْ، وَاتَّقُوا الدُّبُرَ وَالْحَيْضَةَ. (رواه أحمد والترمذي عن ابن عباس)

Umar menghadap Rasulullah dan berkata, "Celakalah aku, wahai Rasulullah!" Beliau bersabda, "Apa yang membuatmu celaka?" Umar menjawab, "Semalam aku membalik kendaraanku." Rasulullah tidak berkomentar apa pun, hingga Allah telah mewahyukan ayat, "Istri-istrimu adalah ladang bagimu, maka datangilah ladangmu itu kapan saja dan dengan cara yang kamu sukai;" dari depan maupun dari belakang, dan jauhilah dubur dan istri yang sedang haid." (Riwayat Aḥmad dan at-Tirmiżiy dari Ibnu 'Abbās)

Ayat dan hadis ini menjadi dalil keharaman menggauli istri yang sedang haid. Frasa dalam hadis yang berbunyi "membalik kendaraanku" adalah bahasa kiasan yang digunakan Umar untuk menerangkan bahwa ia menggauli istrinya di bagian farji, namun dari arah belakang, yang dianggapnya terlarang dalam agama. Hadis ini lantas menjelaskan bahwa hal itu dibolehkan, asalkan yang dituju adalah farji (bukan dubur), dan istri tidak dalam keadaan haid. Keharaman menggauli istri yang sedang haid pada farjinya juga dijelaskan dalam sabda Nabi,

كَانَ إِحْدَانَا إِذَا كَانَتْ حَائِضًا أَمَرَهَا رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَتَأْتَزِرُ بِإِزَارٍ ثُمَّ يُبَاشِرُهَا. (رواه مسلم عن عائشة)

Apabila salah seorang di antara kami (istri-istri Rasulullah) sedang haid, beliau memintanya untuk memakai izār (jarit; kain yang menutupi bagian tubuh dari pusar hingga ke bawah lutut), kemudian beliau menggaulinya (tanpa senggama). (Riwayat Muslim dari 'Ā'isyah)

كَانَ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يُبَاشِرُ نِسَاءَهُ فَوْقَ الْإِزَارِ وَهُنَّ حُيَّضٌ. (رواه مسلم عن ميمونة)

Rasulullah menggauli (tanpa senggama) istri-istri beliau yang sedang haid dari luar izār (jarit; kain yang menutupi bagian tubuh dari pusar hingga ke bawah lutut)." (Riwayat Muslim dari Maimūnah)

Wanita yang haid bukanlah seseorang yang "kotor" seluruh tubuhnya. Hanya bagian tertentu saja yang "kotor", sedang bagian lainnya tetap suci dan dapat disentuh atau bersentuhan dengan orang lain. Karena itu, adalah tidak haram untuk tidur satu selimut atau mandi bersama istri yang sedang haid. Dalam sebuah hadis dijelaskan,

بَيْنَمَا أَنَا مُضْطَجِعَةٌ مَعَ رَسُوْلِ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فِي الْخَمِيْلَةِ، إِذْ حِضْتُ، فَانْسَلَلْتُ، فَأَخَذْتُ ثِيَابَ حِيْضَتِيْ، فَقَالَ لِيْ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: أَنَفِسْتِ؟ قُلْتُ: نَعَمْ، فَدَعَانِيْ فَاضْطَجَعْتُ مَعَهُ فِي الْخَمِيْلَةِ. قَالَتْ: وَكَانَتْ هِيَ وَرَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَغْتَسِلَانِ فِي الْإِنَاءِ الْوَاحِدِ، مِنَ الْجَنَابَةِ. (رواه مسلم عن أم سلمة)

Ketika aku sedang berbaring bersama Rasulullah dalam satu selimut, tiba-tiba aku haid. Aku lalu beringsut pelan-pelan lalu mengambil pakaian khusus waktu haid. Rasulullah bertanya, "Apakah engkau haid?" Aku menjawab, "Ya." Beliau memanggilku (untuk kembali berbaring di samping beliau) dan aku berbaring kembali bersama beliau dalam satu selimut. Zainab, putri Ummu Salamah, berkata, "Dia (Ummu Salamah) dan Rasulullah mandi jinabat bersama dalam satu bejana." (Riwayat Muslim dari Ummu Salamah)

Hadis-hadis berikut membolehkan wanita yang sedang haid untuk membasuh kepala dan menyisir rambut suaminya, berbagi air minum, memangku suami, bahkan berjalan melewati masjid.

كَانَ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يُدْنِيْ إِلَيَّ رَأْسَهُ وَأَنَا فِيْ حُجْرَتِيْ، فَأُرَجِّلُ رَأْسَهُ وَأَنَا حَائِضٌ. (رواه مسلم عن عائشة)

Rasulullah (yang sedang beriktikaf di masjid) mendekatkan kepalanya ke arahku—yang saat itu sedang berada di kamar—lalu aku menyisir rambut beliau, sedangkan saat itu aku sedang haid. (Riwayat Muslim dari 'Ā'isyah)

كُنْتُ أَشْرَبُ وَأَنَا حَائِضٌ، ثُمَّ أُنَاوِلُهُ النَّبِيَّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَيَضَعُ فَاهُ عَلَى مَوْضِعِ فِيَّ، فَيَشْرَبُ. (رواه مسلم عن عائشة)

Aku minum pada saat haid, lalu aku memberikan (wadah minumku) kepada Rasulullah. Beliau lantas menaruh bibirnya di tempat aku menaruh bibirku, lalu beliau minum. (Riwayat Muslim dari 'Ā'isyah)

كَانَ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَتَّكِئُ فِيْ حِجْرِيْ وَأَنَا حَائِضٌ، فَيَقْرَأُ الْقُرْآنَ. (رواه مسلم عن عائشة)

Rasulullah berbaring di pangkuanku sambil membaca Al-Qur'an, sedangkan aku saat itu sedang haid. (Riwayat Muslim dari 'Ā'isyah)

قَالَ لِيْ رَسُوْلُ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: نَاوِلِيْنِي الْخُمْرَةَ مِنَ الْمَسْجِدِ، فَقُلْتُ: إِنِّيْ حَائِضٌ، فَقَالَ: إِنَّ حَيْضَتَكِ لَيْسَتْ فِيْ يَدِكِ. (رواه مسلم عن عائشة)

Rasulullah berkata kepadaku, "Tolong ambilkan untukku sajadah kecil dari masjid (yang ada di kamarmu)." Aku berkata, "Aku sedang haid." Beliau bersabda, "Haidmu itu bukanlah di tanganmu." (Riwayat Muslim dari 'Ā'isyah)

Untuk dapat mengapresiasi larangan di atas, perlu kiranya mengetahui apa yang terjadi saat wanita sedang mengalami haid, baik dari segi kesehatannya maupun suasana kebatinannya.

B. PERISTIWA HAID

Haid adalah suatu peristiwa yang terjadi secara alami; merupakan siklus perubahan fisiologis yang terjadi pada wanita yang masih dalam usia subur (pada umumnya mulai dari usia 12–13 tahun dan berakhir pada usia 45–55 tahun). Sekali lagi, situasi ini adalah sesuatu yang sifatnya alami, dan merupakan suatu rangkaian proses reproduksi secara seksual. Siklus ini berada di bawah kendali sistem endokrin (sistem pengeluaran hormon) yang umumnya terbagi dalam tiga tahapan, yaitu masa menstruasi, masa proliferatif, dan masa sekresi.

Dalam masa menstruasi, perubahan fisiologis pada organ rahim dan organ lain yang terkait dengannya sangat berpengaruh pada kesehatan jasmani secara umum dan kesehatan rohani wanita. Umumnya, wanita yang sedang haid akan merasakan sakit yang bervariasi dari satu individu ke individu lain. Misalnya sakit di bagian punggung, di bagian perut bagian bawah, sakit kepala, hingga penglihatan kabur dan muntah-muntah. Keadaan demikian, apabila cukup parah, terkadang mengharuskan wanita haid mendapat perawatan dokter.

Meskipun haid adalah suatu proses fisiologi yang bersifat alami, namun apabila darah yang keluar terlalu banyak, wanita akan dapat terkena anemia atau kekurangan darah. Di samping gangguan fisik, banyak wanita juga mengalami ketidakstabilan suasana hati, menjadi emosional dan kurang dapat menahan diri. Hasrat untuk berhubungan seksual umumnya berkurang, atau bahkan hilang sama sekali. Mereka cenderung ingin menyendiri dan mencari ketenangan.

Pada saat menstruasi, selaput pada dinding rahim akan meluruh. Kepingan dinding rahim yang meluruh itu akan keluar bersama dengan sel darah merah dan darah putih yang terdapat dalam cairan darah. Meluruhnya dinding rahim menyebabkan dinding rahim dalam keadaan rentan. Tidak cukup sampai di situ, dinding vagina yang tersusun dari beberapa lapis sel pun akan menipis selama masa haid.

Apabila mengalami luka maka dinding vagina sangat rentan terinfeksi bakteri patogen. Pada saat haid, perlawanan vagina terhadap serangan bakteri berada pada tingkat paling rendah. Karena sekresi (pengeluaran) material yang bersifat asam, yang berperan da-

lam membunuh dan mengendalikan jasad renik patogen berkurang. Suasana lingkungan menjadi mengarah basa, suasana yang disukai oleh jasad renik patogen untuk bertumbuh.

Gambar L.4.1
Bakteri Lactobacillus acidophilus. (vivatfor.com)

C. PERIKEHIDUPAN JASAD RENIK DALAM VAGINA

Vagina adalah saluran berbentuk tabung yang menghubungkan uterus ke bagian luar tubuh. Sebagaimana penis, vagina adalah alat reproduksi seksual yang dimiliki oleh semua hewan mamalia, termasuk manusia, dan beberapa jenis kelompok hewan lainnya.

Vagina menghasilkan berbagai macam cairan atau sekresi yang dihasilkan oleh berbagai kelenjar di dalam saluran vagina dan dinding vagina itu sendiri. Cairan itu terdiri atas banyak unsur, misalnya pyridine, squalene, urea, asam asetat, asam laktat, alkohol kompleks (termasuk kolesterol), glikol (termasuk propylene glikol), keton, dan aldehid lainnya. Berbagai rangkaian asam kimia juga dihasilkan vagina, di antaranya asam asetat, asetik, propionic, isovaleric, isobutryc, propanoic, dan asam butanoik. Walau belum dibuktikan, diduga asam-asam itu merupakan *copullins* dan *pheromones* pada manusia.

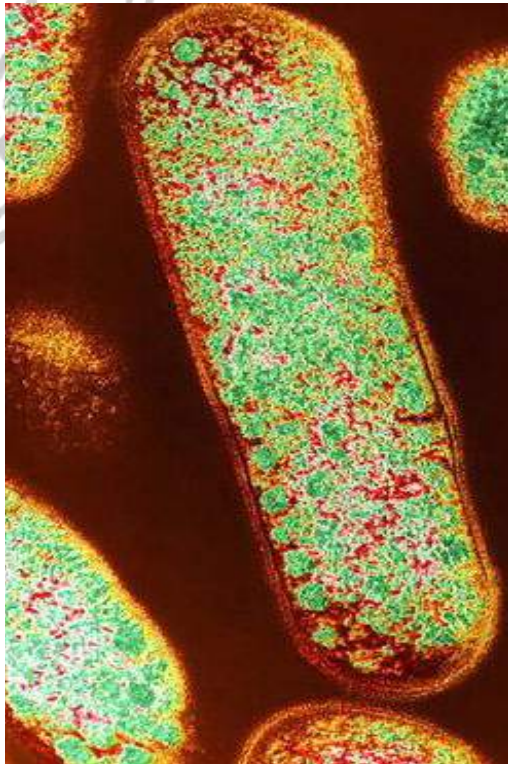
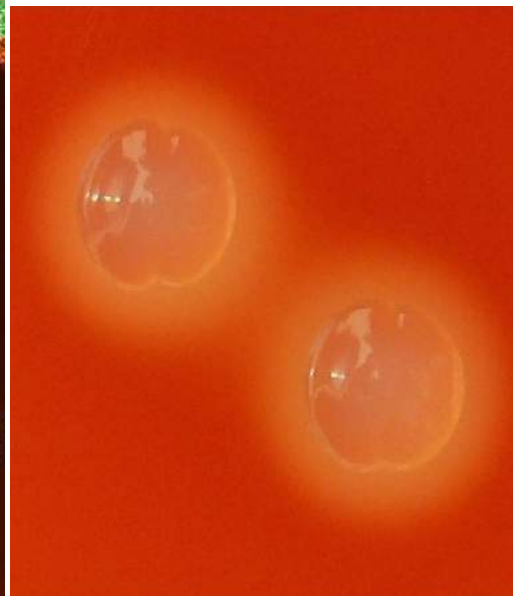
Kondisi lembap demikian ini menyebabkan vagina menjadi satu habitat yang sangat disukai jasad renik. Sebagaimana diketahui, di semua bagian tubuh dan organ manusia dihuni oleh berbagai jenis jasad renik, mulai dari bakteri sampai jamur renik. Demikian pula vagina.

Dilihat dari kehadiran jasad renik, ekosistem vagina merupakan lingkaran kehidupan yang dipengaruhi oleh dua unsur utama, yaitu kehadiran estrogen dan jenis-jenis bakteri, di antaranya *Lactobacillus acidophilus* (Gambar L.4.1). Di sini estrogen berperan dalam menentukan kadar zat gula sebagai simpanan energi dalam sel tubuh (glikogen). Glikogen merupakan nutrisi bagi *Lactobacillus*, dan menjadi bahan metabolisme untuk pertumbuhannya.

Bakteri kelompok *acididophilus* termasuk bakteri baik, yang antara lain

menghasilkan probiotik, suatu bahan kesehatan untuk manusia, seperti yoghurt. Dalam proses metabolismenya, bakteri ini menghasilkan sisa berupa asam laktat. Asam laktat ini membuat cairan dan lendir dalam vagina memiliki suasana asam, dengan pH berkisar antara 3,8–4,2. Suasana asam ini mendorong pertumbuhan *Lactobacillus* dan bakteri kelompok *acidophilus* lainnya. Sebaliknya, suasana asam akan mematikan kebanyakan bakteri patogen.

Di samping itu, beberapa jenis bakteri *Lactobacillus* juga membunuh bakteri patogen dengan menghasilkan material antibakteri. Produksi antibakteri ini diduga sebagai salah satu strategi dalam menghadapi persaingan dengan bakteri patogen demi mendapatkan makanan dan tempat hidup. Ini adalah strategi yang umum ditemui dilakukan oleh bakteri baik yang menghuni banyak organ manusia yang berhubungan langsung dengan dunia luar, seperti kulit, mulut, hidung, telinga, bola mata, dan sebagainya.

Kuantitas jenis-jenis *Lactobacillus* mencapai 95% dari jumlah bakteri yang hidup di vagina, adapun 5% sisanya adalah bakteri patogen yang berpotensi menimbulkan penyakit, seperti *Gardenella vaginalis* dan *Streptococcus agalictae* (Gambar L.4.2). Dalam kondisi ekosistem vagina yang seimbang (dalam keadaan asam), bakteri

Gambar L.4.2
Gardenella vaginalis dan Streprtococcus agalictae.
(visualphotos.com; bacteriainphotos. com)

patogen tidak akan menggang-gu. Bila keseimbangan itu terganggu, misalnya bila tingkat keasaman menurun, maka pertahanan alamiah vagina akan turun sehingga rentan mengalami infeksi.

Timbulnya ketidakseimbangan ekosistem vagina disebabkan banyak faktor. Hal yang utama dan terjadi secara alami adalah proses haid, demikian pula hadirnya sperma, gangguan hormon saat pubertas, kehamilan, dan menopause. Beberapa hal lain yang menyebabkan penurunan tingkat keasaman dan tidak bersifat alami adalah pemakaian kontrasepsi oral, penyakit *diabetes mellitus*, pemakaian antibiotik, dan penyemprotan cairan ke dalam vagina *(douching)*.

Jamur renik, sebagaimana bakteri patogen, dapat tumbuh secara alami di seluruh tubuh, terutama di bagian lembap dan gelap seperti di vagina. Umumnya, jasad renik patogen tidak berkembang biak dalam suasana lingkungan asam, namun jika keasaman menurun, misalnya akibat jumlah bakteri kelompok *acidophilus* menurun dan kadar gula dalam tubuh naik, maka jamur akan mulai berkembang biak.

Secara rutin, kandungan estrogen (yang merupakan menu utama bakteri kelompok *acidophilus*) di saluran vagina akan menurun menjelang haid. Menurunnya kandungan estrogen akan diikuti oleh menurunnya populasi bakteri kelompok *acidophilus.* Situasi ini akan menyebabkan produksi asam berkurang. Suasana yang mengarah basa akan mendukung pertumbuhan bakteri dan jamur renik patogen. Pertumbuhan jasad renik patogen, khususnya jamur renik patogen, akan lebih cepat dengan ketersedian glikogen (cadangan glukosa) yang meningkat pada saat haid.

D. PENETRASI SAAT HAID

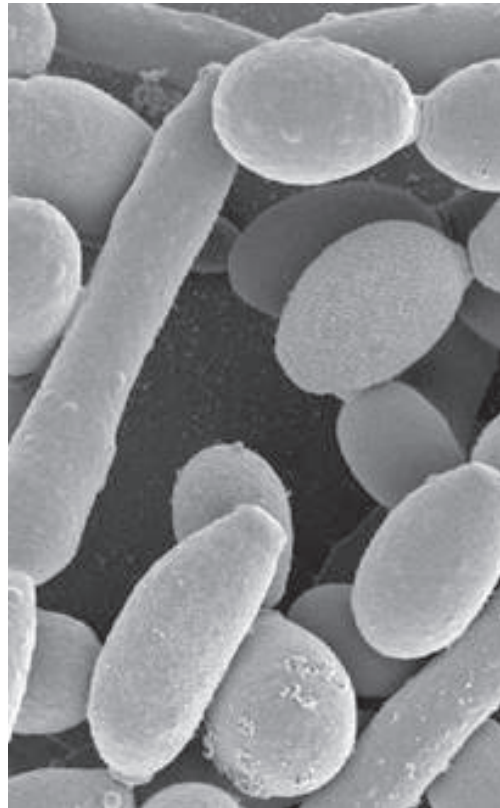
Dengan menurunnya kesehatan dan suasana hati yang tidak menentu saat haid, tentunya memaksakan istri untuk melakukan hubungan intim sangatlah tidak bijak. Di samping reaksi istri yang relatif "dingin", proses penetrasi akan banyak merugikan kesehatan istri, bahkan dapat berpotensi menyebabkan kematian.

Akibat bersifat fisik yang ditimbulkan oleh penetrasi penis pada vagina wanita yang sedang haid antara lain memicu pecahnya saluran darah yang tertahan, terlukanya dinding vagina yang sedang dalam kondisi rentan luka sehingga mudah terkena infeksi, dan terjadinya radang di rahim.

Infeksi dapat terus menyebar ke organ *Tuba Falopi* (dua saluran rahim) dan menyumbatnya. Infeksi juga dapat mempengaruhi organ di permukaan internalnya yang memainkan peran

besar dalam mendorong sel telur dari ovarium ke rahim. Keadaan demikian dapat menyebabkan kemandulan atau kehamilan di luar rahim. Jenis kehamilan yang satu ini paling berbahaya karena pertumbuhan yang cepat di tempat yang sempit ini dapat mengikis dinding saluran rahim yang tipis. Kejadian ini dapat menyebabkan saluran pelepasan sel telur pecah, lalu memancarkan darah dengan deras ke usus. Jika hal ini tidak ditangani dengan operasi yang cepat, maka hal itu dapat menyebabkan kematian.

Infeksi dapat juga menyebar ke saluran kencing, yaitu kandung kemih, ureter (saluran kemih), kemudian ginjal. Menyebarnya bakteri patogen ini dapat mengakibatkan terjadinya penyakit-penyakit sistem saluran kencing yang serius dan kronis. Infeksi di dalam vagina maupun rahim dipercaya merupakan permulaan masuknya penyakit yang disebabkan oleh ragi *Candida* (disebut penyakit *Candidiasis vaginalis*) dan bakteri, terutama *Trichomonas vaginalis*, yang diberi nama penyakit *Bacteria vaginiosis*.

Berikut ini adalah bahasan sepintas tentang salah satu penyakit yang dapat di derita oleh wanita, yang dapat saja dimulai dari terjadinya infeksi akibat hubungan saat haid. Penyakit itu adalah *Candidiasis vaginalis* atau biasa disingkat Kandidiasis.

Gambar L.4.3
Jamur Candida albicans. (findmeacure. com)

E. PENYAKIT KANDIDIASIS

Kandidiasis adalah suatu infeksi yang disebabkan oleh jenis jamur *Candida*, terutama *Candida albicans* (Gambar L.4.3). Infeksi selaput lendir seperti yang terjadi pada mulut atau dinding vagina sering terjadi pada orang yang memiliki sistem imun normal. Akan tetapi, infeksi oleh jamur ini lebih sering ditemukan atau merupakan infeksi yang menetap pada penderita diabetes, AIDS, atau pada wanita hamil.

Sekitar 85–90% sel ragi yang di-

isolasi dari vagina merupakan spesies *Candida albicans*. Sisanya adalah spesies non-*albicans*, dan yang terbanyak adalah *Candida glabrata* (*Torulopsis glabrata*). Vaginitis yang disebabkan oleh spesies non-*albicans* biasanya resisten terhadap terapi konvensional.

Candida albicans adalah jamur sel tunggal, berbentuk bulat sampai oval. Jumlahnya sekitar 80 jenis, dan 17 di antaranya ditemukan pada manusia. Jamur ini secara normal hidup di dalam kulit atau usus. Dari sini jamur bisa menyebar ke alat kelamin. *Candida* biasanya tidak ditularkan melalui hubungan seksual.

Dari semua jenis yang ditemukan pada manusia, *Candida albicans* adalah yang paling bersifat patogen. *Candida albicans* memperbanyak diri dengan membentuk *blastospora* (*budding cell*). *Blastospora* akan saling bersambung dan bertambah panjang sehingga membentuk *pseudohifa*. Bentuk *pseudohifa* lebih virulen dan invasif daripada spora karena *pseudohifa* berukuran lebih besar sehingga lebih sulit dimangsa oleh butir darah putih

Penyebab kandidiasis bermacam-macam. Di antaranya infeksi (yang mungkin saja terjadi saat hubungan intim saat haid), adanya benda asing dalam liang senggama, gangguan hormonal akibat menopouse, kelainan didapat atau bawaan dari alat kelamin wanita, dan adanya kanker pada alat kelamin, terutama di leher rahim.

Proses infeksi dimulai dengan melekatnya *Candida albicans* pada sel epitel vagina. Kemampuan menempel *Candida albicans* lebih baik daripada kemampuan yang dipunyai jenis *Candida* lainnya. *Candida albicans* kemudian mensekresikan enzim proteolitik yang mengakibatkan kerusakan ikatan-ikatan protein sel sehingga memudahkan proses invasi. *Candida albicans* juga mengeluarkan racun mikotoksin, di antaranya gliotoksin yang mampu menghambat aktivitas sel darah putih dan menekan sistem imun lokal.

Uraian di atas memperlihatkan bahwa semua pengetahuan dan pengingat yang ada dalam Al-Qur'an memiliki alasannya sendiri. Allah berfirman dalam Surah al-Baqarah: 2/222,

وَيَسْـَٔلُوْنَكَ عَنِ الْمَحِيْضِۗ قُلْ هُوَ اَذًىۙ فَاعْتَزِلُوا النِّسَاۤءَ فِى الْمَحِيْضِۙ وَلَا تَقْرَبُوْهُنَّ حَتّٰى يَطْهُرْنَ ۚ فَاِذَا تَطَهَّرْنَ فَأْتُوْهُنَّ مِنْ حَيْثُ اَمَرَكُمُ اللّٰهُ ۗ اِنَّ اللّٰهَ يُحِبُّ التَّوَّابِيْنَ وَيُحِبُّ الْمُتَطَهِّرِيْنَ ﴿٢٢٢﴾

Dan mereka menanyakan kepadamu (Muhammad) tentang haid. Katakanlah, "Itu adalah sesuatu yang kotor." Karena itu jauhilah istri pada waktu haid; dan jangan kamu de-kati mereka sebelum mereka suci. Apabila mereka telah suci, campurilah mereka sesuai dengan (ketentuan) yang diperintahkan Allah kepadamu. Sungguh, Allah menyukai orang yang

tobat dan menyukai orang yang menyucikan diri. (Al-Baqarah/2: 222)

Demikianlah, Allah berbicara mengenai haid dan kesehatan wanita. []

LAMPIRAN 5
URINE SEBAGAI OBAT

A. HADIS TENTANG URINE SEBAGAI OBAT

Anas berkisah, beberapa orang dari suku ‘Ukl datang ke Madinah dan menyatakan masuk Islam. Cuaca Madinah saat itu tampaknya tidak bersahabat bagi mereka sehingga mereka terserang sakit perut (semacam perut bengkak). Nabi kemudian meminta mereka menghampiri sekawanan unta untuk minum susu dan urinenya guna mengobati sakit mereka. Mereka pun sembuh usai menjalankan arahan Nabi. Pengetahuan saat ini mengindikasikan, gejala membengkaknya perut bagian bawah dapat saja disebabkan oleh penyakit *edema*, penyakit hati atau kanker.

Perihal urine sebagai obat tercatat dalam hadis berikut.

قَدِمَ عَلَى النَّبِيِّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ نَفَرٌ مِنْ عُكْلٍ، فَأَسْلَمُوْا، فَاجْتَوَوْا الْمَدِيْنَةَ، فَأَمَرَهُمْ أَنْ يَأْتُوْا إِبِلَ الصَّدَقَةِ، فَيَشْرَبُوْا مِنْ أَبْوَالِهَا وَأَلْبَانِهَا، فَفَعَلُوْا فَصَحُّوْا ... (رواه البخاري ومسلم عن أنس)

Beberapa orang dari Suku ‘Ukl mendatangi Nabi untuk masuk Islam. Cuaca Madinah ternyata tidak cocok bagi mereka, sehingga mereka jatuh sakit (semacam kembung berkepanjangan). Mengetahui hal itu, Nabi berpesan kepada mereka untuk mendatangi unta sedekah dan minum sedikit dari air seni dan susu unta-unta tersebut.” Mereka melaksanakannya dan sembuh karenanya ... (Riwayat al-Bukhāriy dan Muslim dari Anas)

Unta dalam kehidupan dan budaya masyarakat Arab adalah hewan yang sangat penting. Karena itu, Allah pun memerintah manusia untuk memperhatikannya. Allah berfirman,

Maka tidakkah mereka memperhatikan unta, bagaimana diciptakan? (al-Gāsyiyah/88: 17)

Manfaat unta sangat sesuai dengan keperluan masyarakat Arab saat itu. Hal itu diuraikan dengan jelas dalam Surah an-Naḥl/16: 5–7. Adalah sangat menarik mengapa dari sekian banyak hewan yang disebutkan dalam Al-Qur'an, Allah memilih unta sebagai salah satu ciptaan-Nya yang harus ditafakuri. Sebelum mencoba mengungkap apa yang dikandung urine unta, dan urine secara umum, sehingga dapat berperan sebagai obat, perlu dimengerti terlebih dahulu mekanisme produksi urine secara umum. Perlu pula diketahui kandungan kimia atau jasad renik apa saja yang hidup di dalamnya.

B. MENGENAL URINE

Urine atau air kencing tidaklah seperti apa yang dipercaya orang. Dalam pandangan umum, urine adalah air buangan yang berasal dari sisa makanan dan minuman yang telah diproses di dalam usus dan dikeluarkan tubuh sebagai "kotoran" atau "barang sisa". Pandangan ini salah dan harus diluruskan. Untuk itu, manusia perlu memahami dengan baik proses penyerapan dan pembuangan sisa makanan.

Apabila seseorang makan, makanan akan dipecah dalam lambung dan usus oleh berbagai enzim yang dihasilkan tubuh maupun berbagai jenis jasad renik menjadi molekul-molekul yang sangat kecil. Molekul ini akan diserap melalui saluran-saluran renik yang ada pada dinding usus, dan disalurkan ke pembuluh-pembuluh darah. Cairan darah akan mengedarkan molekul makanan dan bahan nutrisi lainnya bersama-sama dengan bahan lain yang diproduksi pada bagian tubuh lainnya (seperti sel darah merah dan sel darah putih, antibodi, plasma, protein renik, hormon, enzim, dan sejenisnya) ke seluruh bagian tubuh.

Saat darah beredar, cairan darah akan melewati hati di mana bahan yang beracun dikeluarkan dari darah dan dibuang dalam bentuk padat. Cairan darah yang "bersih" ini kemudian mengalir ke ginjal. Di ginjal, darah akan disaring menggunakan sistem yang rumit dari jaringan saluran yang disebut *nephron*. Cairan darah seolah diperas dalam tekanan tinggi, dan mengeluarkan air yang berlebih, garam, dan beberapa elemen lain yang tidak diperlukan tubuh dari cairan darah.

Elemen-elemen yang dibuang ini akan ditampung di ginjal dalam bentuk air yang steril dan murni. Itulah air kecing atau urine. Banyak dari elemen dalam air kencing ini kemudian diserap lagi oleh *nephron* (sistem yang juga hadir di hati) dan disalurkan ke dalam sistem peredaran darah. Cairan sisa dari air kecing ini kemudian disalurkan ke kandung kemih, dan dikeluarkan dari tubuh manusia.

Tugas ginjal di sini adalah menyeimbangkan elemen dalam tubuh seseorang. Apabila tubuh tidak memerlukan apa-apa, maka air kencing akan dikeluarkan apa adanya, tanpa ada elemen yang diambil kembali oleh *nephron*. Namun, bila tubuh memerlukan beberapa elemen maka *nephron* akan mengambilnya kembali dari air kencing sebelum membuangnya.

Penelitian di bidang kesehatan menemukan bahwa banyak elemen yang ada dalam cairan darah juga ditemukan dalam air kencing. Elemen-elemen ini memiliki nilai dalam bidang kesehatan dan pengobatan penyakit. Apabila elemen-elemen yang ada dalam air kencing ini diintroduksi kembali ke tubuh (dengan cara meminum kembali air kencing), mereka akan meningkatkan kinerja sistem imunitas tubuh dan merangsang penyembuhan dalam cara yang tidak dilakukan oleh cara lainnya.

C. KANDUNGAN SENYAWA DALAM URINE

Penelitian terdahulu menemukan bahwa urine adalah cairan steril yang lebih murni daripada air hasil destilasi. Seiring perkembangan teknologi, diketahui bahwa air kencing mengandung banyak sekali komponen. Beberapa di antaranya adalah Alanin, Arginin, asam Askorbik, Allantoin, asam Amino, Bikarbonate, Biotin, Kalsium, Creatinin, Cystin, DHEA, Dopamine, Epinephrin, asam Folik, Glucosa, asam Glutamik, Glycin, Inositol, Iodine, Besi, Lysin, Mag-nesium, Mangan, Melatonin, Methionin, Nitrogen, Ornithan, asam Pantothenik, Phenylalalin, Fosfor, Potassium, Protein, Riboflavin, Tryptophan, Tyrosin, Urea, Vitamin B6, Vitamin B12, Zinc, dan lainnya. Diketahui pula bahwa pada urine terdapat unsur antioksidan dan antimutagenik.

Banyak kisah tentang orang-orang yang terjebak berhari-hari di tempat terpencil tanpa persediaan makanan dan minuman. Mereka yang bertahan hidup dalam keadaan demikian ini adalah yang mengonsumsi kembali urinenya. Melihat komponen yang terkandung dalam air kencing, hal tersebut memang dimungkinkan.

Terlepas dari pandangan masyarakat terhadap air kencing, kenyataan memperlihatkan bahwa banyak peru-

sahaan farmasi telah berhasil menghasilkan obat-obatan senilai miliaran dolar dari senyawa kimia yang ada dalam air kencing. Contohnya adalah obat untuk kesuburan (Pergonal). Pada 1992, omzet penjualan obat yang unsur utamanya diambil dari urine manusia ini mencapai US$ 885 miliar. Seorang pasien harus mengeluarkan uang sebesar US$ 1.400 sebulan untuk mendapatkannya. Urokinase, obat untuk mencegah penggumpalan darah dan penutupan pembuluh darah arteri, pun dibuat didasarkan pada kandungan yang ada dalam urine. Urea, salah satu kandungan urine, adalah bahan yang prima untuk melembapkan kulit, dan karena itu lazim dicampurkan dalam krim dan losion kecantikan kulit yang mahal harganya.

Mencermati hadis Nabi tentang berobat dengan urine unta, disinyalir bahwa penyakit yang diderita oleh Suku 'Ukl adalah *edema*. Penelitian tentang hal ini di Saudi Arabia, meski belum final, memperlihatkan hasil yang cukup menggembirakan. Air kencing unta dalam bentuk kapsul maupun sirop tidak memiliki efek samping terhadap pasien. Seorang pasien yang memiliki tumor di paru-paru, berkurang ukuran tumornya hingga 50% dalam waktu satu bulan setelah mengonsumsi obat dari kencing unta. Pengobatan dengan obat yang diproduksi dari kombinasi susu dan urine unta juga dilakukan pada penyakit kanker lainnya, seperti kanker darah, kanker perut, kanker otak, dan kanker payudara. Pengobatan demikian juga dilakukan kepada penyakit lain, seperti vitiligo (depigmentasi beberapa bagian kulit), eczema, dan psoriasis (penyakit autoimmune yang mempengaruhi kulit dan sendi).

D. BUKTI-BUKTI PENGOBATAN DENGAN URINE

Penggunaan air kencing sebagai obat sudah dilakukan ribuan tahun lalu. Di Roma, Pliny merekomendasikan air kencing segar untuk mengobati pegal, kulit yang terbakar, anus yang terluka, dan sengatan hewan berbisa. Air kencing dicampur dengan abu dapat menyembuhkan gatal-gatal pada bayi akibat popok yang basah. Di Eropa pada abad permulaan modernisasi, temuan-temuan penggunaan urine untuk pengobatan berjalan cepat.

Ambroise Pare, seorang ahli bedah Perancis pada abad pertengahan, memberikan resep penggunaan urine untuk mengobati mata gatal. Untuk tujuan ini, urine perlu diinapkan satu malam. Robert Boyle, Bapak Kimia, juga menyarankan pasien yang sakit tertentu untuk meminum urinenya sendiri setiap pagi. Ia menganjurkan agar urine diminum selagi hangat. Dokter

di Inggris pada abad pertengahan pun menganjurkan pasien penderita sakit tenggorokan untuk meminum urine-nya sendiri saat masih hangat.

Pada 1550, seorang dokter di Perancis menggunakan urine untuk antiseptik. Ia merendam potongan hidung pasiennya dengan urine sebelum menjahit dan menyambungnya kembali. Luka-luka akibat peperangan juga dianjurkan untuk dicuci dengan urine. Hal yang sama juga dilakukan untuk semua luka, termasuk luka akibat gigitan hewan beracun dan luka lainnya. Yang demikian ini karena urine dipercaya merupakan cairan steril saat dikeluarkan dari tubuh, sehingga lebih aman digunakan daripada air yang tidak terjamin kebersihannya.

Pada 1666, seorang dokter bernama George Thomson merekomendasikan penggunaan urine untuk menangkal wabah penyakit. Ada pula dokter yang menganjurkan penggunaan campuran cuka, susu, dan urine untuk membersihkan kulit muka. kandungan urea dalam urine sampai saat ini masih digunakan dalam pembuatan salep atau losion perawatan kulit.

Tentara pada Perang Dunia I menggunakan kain yang direndam dalam urine sebagai ganti topeng anti-gas. Hal itu karena kandungan amonia pada urine dapat digunakan untuk menangkal kandungan klorin dalam gas.

E. KANDUNGAN DALAM URINE YANG BEKERJA SEBAGAI OBAT

Peneliti menyebutkan bahwa alergi pada seseorang disebabkan oleh sel darah putih yang "berkhianat" (*antigen receptor*) dan membabi buta menyerang substansi yang sebenarnya tidak berbahaya untuk tubuh. Karena itu, untuk mengobati alergi, *antigen receptor* ini harus diperbaiki. Caranya adalah dengan memasukan *antigen receptor* ke tubuh pasien alergi guna merangsang tubuh memproduksi antibodi terhadap *antigen receptor* ini, sehingga respons alergi dihentikan. Mengingat *antigen receptor* ada pada urine, maka pasien alergi dapat meminum urinenya sendiri dan merangsang pembuatan antibodi. Urine di sini dengan demikian berperan sebagai vaksin. Penyembuhan alergi dengan terapi urine merupakan terobosan penting. Cara ini dikenal sebagai *isopathic treatment*, yaitu menggunakan substansi penyebab alergi untuk membentuk antibodi.

Pemanfaatan *isophatic treatment* untuk menanangani alergi ini dapat diterapkan kepada penyakit lain. Ketika seseorang sakit, pH darah akan berubah. Perubahan ini menjadikan jasad renik dalam cairan darah berubah menjadi patogen. Untuk mengatasi jasad renik patogen ini disuntikkanlah jasad renik yang sama ke dalam darah.

Jasad renik patogen diharapkan akan bercampur dengan jasad renik non-patogen (yang baru dimasukkan) dan menghilangkan sifat patogenitas semua jasad renik. Dengan begitu, kondisi menjadi normal, dan kelompok jasad renik yang ada menjadi "baik".

Jasad renik yang secara alami ada dalam cairan darah kebanyakan berasal dari kelompok protista, suatu kelompok jasad renik yang paling kecil ukurannya (Lihat: Bab II). Protista ini terlampau kecil untuk dapat disaring oleh ginjal guna dibuang sebagai padatan, sehingga akan lolos dan dibuang sebagai bagian dari urine. Ketika seseorang meminum urinenya sendiri, mereka akan memasukkan kembali protista ke dalam tubuhnya. Dengan demikian, imunitas tubuh dirangsang untuk bekerja, sehingga kelompok jasad renik patogen dalam cairan darah akan ditekan oleh protista yang baru masuk ke dalam tubuh, dan patogenitas jasad renik darah berubah menjadi "baik" (apatogenik). Walaupun pendapat ini belum sepenuhnya dibuktikan secara ilmiah, namun tren ke arah sana sudah terlihat. Mungkin kepercayaan secara spiritual tentang manfaat urine bagi kesehatan kembali telah mendahului ilmu pengetahuan.

Rasulullah telah memberikan resep urine unta sebagai obat. Karena beliau adalah seorang nabi, maka masyarakat muslim percaya bahwa beliau mendapatkannya dari wahyu Allah. Akibatnya, masyarakat terus mempraktikkannya dan melakukan banyak penelitian. Hasilnya, diketahui bahwa urine merupakan terapi untuk banyak penyakit.

Urine mengandung senyawa yang spesifik untuk tiap individu. Senyawanya berperan sebagai antibakteri, antijamur, antivirus, antikanker, antikonvulsif, dan antispasmodik. Semuanya merupakan senyawa non-toksik, tidak mengandung racun. Mengapa selama ini banyak anggota masyarakat yang belum pernah mendengar hal ini, padahal urine dapat diperoleh dengan mudah dan dalam jumlah berlimpah, gratis, dan tidak dapat dipatenkan? Sangat masuk akal apabila perannya dalam menyokong bidang kesehatan terus diteliti dan diungkapkan kepada masyarakat.

F. FATWA TENTANG PENGOBATAN DENGAN URINE

Mengonsumsi makanan, termasuk di dalamnya obat, yang halal dan *ṭayyib*, serta menjauhi makanan yang haram merupakan perintah agama yang harus ditaati oleh umat Islam. Namun, di sisi lain, agama juga menjelaskan bahwa sesuatu yang haram bisa menjadi halal bila dalam keadaan yang sangat

darurat. Allah berfirman dalam Surah al-Baqarah/2: 173,

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنْزِيرِ وَمَا أُهِلَّ بِهِ لِغَيْرِ اللّٰهِ ۚ فَمَنِ اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَّلَا عَادٍ فَلَآ اِثْمَ عَلَيْهِ ۗ اِنَّ اللّٰهَ غَفُوْرٌ رَّحِيْمٌ ﴿١٧٣﴾

Sesungguhnya Dia hanya mengharamkan atasmu bangkai, darah, daging babi, dan (daging) hewan yang disembelih dengan (menyebut nama) selain Allah. Tetapi barangsiapa terpaksa (memakannya), bukan karena menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sungguh, Allah Maha Pengampun, Maha Penyayang. (al-Baqarah/2: 173)

Meski urine mengadung khasiat menyembuhkan menurut para ahli, namun tidak ada alasan darurat bagi umat islam untuk meminumnya selama masih ada obat suci yang bisa digunakan.

Majelis Ulama Indonesia (MUI) telah lama menyoroti pengobatan dengan urine, terutama urine manusia. Dalam konsideran fatwa MUI nomor 2/Munas/VI/MUI/2000 dinyatakan bahwa menurut sebagian dokter, urine manusia dapat menjadi obat sejumlah jenis penyakit. Untuk memberikan kejelasan hukum kepada masyarakat luas dan menghindari kesalahpahaman, MUI dalam munas tahun 2000 mengelurkan fatwa tentangnya (bersamaan dengan fatwa penggunaan organ tubuh manusia atau ari-ari untuk pengobatan dan kosmetika).

Dalam fatwa itu dinyatakan bahwapenggunaanairsenimanusiasebagai obat, dalam hal ini meminumnya dan bukan mengoleskannya di luar tubuh, hukumnya adalah haram, kecuali dalam keadaan darurat syar‘iyah dan diduga kuat dapat menyembuhkan menurut keterangan dokter tepercaya. Adapun yang dimaksud dengan darurat syar‘iyah adalah kondisi keterdesakan yang bila tidak dilakukan akan dapat mengancam eksistensi jiwa manusia.

Islam adalah agama rahmat. Di antara tujuan syariat adalah *ḥifẓ an-nafs* (memelihara kelangsungan hidup), sehingga Islam tidak menginginkan umatnya celaka atau membiarkan mereka binasa. Karena itulah dalam Islam dikenal adanya kaidah rukhsah (dispensasi) yang memberi kelonggaran dan keringanan bagi orang yang berhak. Menurut Yūsuf al-Qaraḍāwiy, rukhsah, termasuk dalam hal mengonsumsi obat yang haram, harus memenuhi kriteria berikut.

1. Benar-benar dalam kondisi gawat darurat bila seorang penderita penyakit tidak mengonsumsi sesuatu yang haram;
2. Tidak ada obat alternatif yang halal sebagai pengganti;

3. Menurut resep atau petunjuk dokter muslim yang kompeten dan memiliki integritas moral dan agama.
4. Terbukti secara medis dan analisis ilmiah, di samping pengalaman empiris yang membuktikan bahwa sesuatu yang haram tersebut benar-benar dapat menyembuhkan dan tidak menimbulkan efek yang membahayakan. []

LAMPIRAN 6
SIWAK DAN KEBERSIHAN MULUT

A. POHON SIWAK DALAM AL-QUR'AN DAN HADIS

Pohon siwak (*Salvatora persica*) yang dikenal juga dengan nama *syajr miswāk*, memiliki beberapa nama lain dalam bahasa Arab, yaitu *khamṭ*, *syajr*, *arāk*, atau *khardal*. Pohon ini disebut satu kali dalam Al-Qur'an, sebagai pohon yang berbuah pahit, yakni dalam Surah Saba'/34: 16, bersama dengan pohon *sidr* (*Cedrus* sp.) dan *aśl* (*Tamarix* sp.). Ayat-ayat ini berbicara tentang banjir besar akibat runtuhnya bendungan di Ma'rib di negeri kaum Saba'.

لَقَدْ كَانَ لِسَبَاٍ فِيْ مَسْكَنِهِمْ اٰيَةٌ ۚجَنَّتٰنِ عَنْ يَّمِيْنٍ
وَّشِمَالٍ ەۗ كُلُوْا مِنْ رِّزْقِ رَبِّكُمْ وَاشْكُرُوْا لَهٗ ۗبَلْدَةٌ
طَيِّبَةٌ وَّرَبٌّ غَفُوْرٌ ﴿١٥﴾ فَاَعْرَضُوْا فَاَرْسَلْنَا عَلَيْهِمْ
سَيْلَ الْعَرِمِ وَبَدَّلْنٰهُمْ بِجَنَّتَيْهِمْ جَنَّتَيْنِ ذَوَاتَيْ
اُكُلٍ خَمْطٍ وَّاَثْلٍ وَّشَيْءٍ مِّنْ سِدْرٍ قَلِيْلٍ ﴿١٦﴾

Sungguh, bagi kaum Saba' ada tanda (kebesaran Tuhan) di tempat kediaman mereka yaitu dua buah kebun di sebelah kanan dan di sebelah kiri, (kepada mereka dikatakan), "Makanlah olehmu dari rezeki yang (dianugerahkan) Tuhanmu dan bersyukurlah kepada-Nya. (Negerimu) adalah negeri yang baik (nyaman) sedang (Tuhanmu) adalah Tuhan Yang Maha Pengampun." Tetapi mereka berpaling, ma-ka Kami kirim kepada mereka banjir yang besar dan Kami ganti kedua kebun mereka dengan dua kebun yang ditumbuhi (pohon-pohon) yang berbuah pahit, pohon Aśl dan sedikit pohon Sidr. (Saba'/34: 15–16)

Ranting pohon ini dikenal sebagai alat untuk membersihkan gigi. Ba-

nyak hadis berbicara mengenai hal ini, di antaranya,

اَلْغُسْلُ يَوْمَ الْجُمُعَةِ وَاجِبٌ عَلَى كُلِّ مُحْتَلِمٍ، وَأَنْ يَسْتَنَّ، وَأَنْ يَمَسَّ طِيْبًا إِنْ وَجَدَ. (رواه البخاري ومسلم عن أبي سعيد الخدري)

Mandi pada hari Jumat adalah wajib bagi setiap pria yang sudah bermimpi (dewasa); dan disunahkan baginya bersiwak dan memakai wewangian bila tersedia. (Riwayat al-Bukhāriy dan Muslim dari Abū Sa'īd al-Khudriy)

دَخَلْتُ عَلَى النَّبِيِّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ وَطَرَفُ السِّوَاكِ عَلَى لِسَانِهِ. (رواه البخاري ومسلم عن أبي موسى الأشعري)

Aku menghadap Rasulullah. Saat itu ujung kayu siwak sedang menempel di lidah beliau. (Riwayat al-Bukhāriy dan Muslim dari Abū Mūsā al-Asy'ariy)

أَرَانِيْ أَتَسَوَّكُ بِسِوَاكٍ، فَجَاءَنِيْ رَجُلَانِ، أَحَدُهُمَا أَكْبَرُ مِنَ الْآخَرِ، فَنَاوَلْتُ السِّوَاكَ الْأَصْغَرَ مِنْهُمَا، فَقِيْلَ لِيْ: كَبِّرْ فَدَفَعْتُهُ إِلَى الْأَكْبَرِ مِنْهُمَا. (رواه البخاري ومسلم عن ابن عمر)

Aku bermimpi bahwa diriku sedang menggunakan miswak, lalu dua orang pria menghampiriku; salah satu dari mereka lebih tua daripada yang lain. Aku pun menawarkan siwak kepada yang lebih muda. Tiba-tiba saja ada suara mengatakan kepadaku, "Berikanlah kepada yang lebih tua," lalu aku pun memberikannya kepada yang lebih tua. (Riwayat al-Bukhāriy dan Muslim dari Ibnu 'Umar)

لَوْلَا أَنْ أَشُقَّ عَلَى الْمُؤْمِنِيْنَ-وَفِيْ حَدِيْثِ زُهَيْرٍ: عَلَى أُمَّتِيْ-لَأَمَرْتُهُمْ بِالسِّوَاكِ عِنْدَ كُلِّ صَلَاةٍ. (رواه البخاري ومسلم أبي هريرة)

Andaikata aku tidak khawatir akan memberatkan orang mukmin—dalam hadis Zuhair: memberatkan umatku—maka akan aku perintah mereka untuk bersiwak (membersihkan gigi) setiap mau salat. (Riwayat al-Bukhāriy dan Muslim dari Abū Hurairah)

اَلسِّوَاكُ مَطْهَرَةٌ لِلْفَمِ مَرْضَاةٌ لِلرَّبِّ. (رواه البخاري عن عائشة)

Bersiwak itu menyucikan mulut dan membuat Allah rida. (Riwayat al-Bukhāriy dari 'Ā'isyah)

أَرْبَعٌ مِنْ سُنَنِ الْمُرْسَلِيْنَ: اَلْحَيَاءُ، وَالتَّعَطُّرُ، وَالسِّوَاكُ، وَالنِّكَاحُ. (رواه الترمذي عن أبي أيوب الأنصاري)

Ada empat hal yang menjadi sunah para rasul, yakni pemalu, memakai wewangian, menggunakan siwak, dan menikah. (Riwayat at-Tirmiżiy dari Abū Ayyūb al-Anṣāriy)

مَا جَاءَنِيْ جِبْرِيْلُ عَلَيْهِ السَّلَام قَطُّ، إِلَّا أَمَرَنِيْ بِالسِّوَاكِ، لَقَدْ خَشِيْتُ أَنْ أُحْفِيَ مُقَدَّمَ فِيَّ. (رواه أحمد عن أبي أمامة)

Jibril alaihissalām tidak pernah datang menemuiku, kecuali ia selalu menekankan agar aku bersiwak, hingga aku khawatir siwak itu

melukai bagian depan mulutku. (Riwayat Aḥmad dari Abū Umāmah)

إِنَّ النَّبِيَّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ كَانَ لَا يَرْقُدُ مِنْ لَيْلٍ وَلَا نَهَارٍ، فَيَسْتَيْقِظُ إِلَّا تَسَوَّكَ قَبْلَ أَنْ يَتَوَضَّأَ. (رواه أبو داود عن عائشة)

Tidak pernah sekali pun Rasulullah bangun dari tidurnya, baik malam atau siang hari, kecuali beliau segera bersiwak sebelum berwudu. (Riwayat Abū Dāwūd dari 'Ā'isyah)

إِنَّ الْعَبْدَ إِذَا تَسَوَّكَ ثُمَّ قَامَ يُصَلِّيْ، قَامَ الْمَلَكُ خَلْفَهُ فَتَسَمَّعَ لِقِرَاءَتِهِ فَيَدْنُوْ مِنْهُ حَتَّى يَضَعَ فَاهُ عَلَى فِيْهِ، فَمَا يَخْرُجُ مِنْ فِيْهِ شَيْءٌ مِنَ الْقُرْآنِ إِلَّا صَارَ فِيْ جَوْفِ الْمَلَكِ، فَطَهِّرُوْا أَفْوَاهَكُمْ لِلْقُرْآنِ. (رواه البزار عن علي)

Sesungguhnya ketika seorang hamba Allah bersiwak lalu menunaikan salat, maka malaikat berdiri di belakangnya, memperhatikan dengan bacaannya. Malaikat itu medekat dan terus mendekat hingga ia meletakkan mulutnya tepat di mulut hamba Allah itu, sehingga apa pun ayat Al-Qur'an yang dibacanya pastilah masuk ke dalam dada malaikat itu. Karena itu, bersihkanlah mulut kalian (dengan siwak) untuk membaca Al-Qur'an. (Riwayat al-Bazzār dari 'Aliy)

B. POHON SIWAK

Salvadora persica adalah pohon kecil atau semak dengan batang dan cabang-cabang yang tidak lurus, cenderung berlekuk-lekuk tidak teratur. Kulit batangnya tampak kering dan pecah-pecah, berwarna putih kotor, dan sedikit berbonggol-bonggol di beberapa tempat. Kulit luar akarnya yang pecah-pecah berwarna sama dengan tanah berpasir tempatnya tumbuh. Apabila dicium dan dirasa dengan teliti, batang dan akarnya memiliki bau yang harum dan sedikit menimbulkan rasa hangat. Siwak digunakan sejak ratusan tahun lalu sebagai penyikat gigi. Rantingnya yang memiliki banyak serabut telah dipromosikan oleh WHO (*World Health Organization*) sebagai alat pembersih mulut. Penelitian menunjukkan bahwa tanaman ini mengandung beberapa bahan yang baik untuk kesehatan mulut. Siwak mengandung antiseptik, pembersih (*detergent*), pengharum (*astringent*), *fluoride,* dan penghalang terurainya enzim (*enzyme inhibator*).

Salvadora persica sangat populer di Jazirah Arab hingga anak benua India sebagai alat untuk membersihkan gigi. Banyak kaum muslim mengunyah dan menyikat gigi dengan ranting miswak sebagaimana dianjurkan oleh Nabi dalam banyak hadisnya. Nabi bahkan tetap membersihkan mulutnya dengan miswak saat terbaring di tempat tidur sebelum wafat. Miswak akan membuat gigi putih bercahaya; menguatkan dan menyehatkan geraham dan gigi, serta menjernihkan pikiran, dan menambah daya ingat.

C. EKOSISTEM MULUT

Mulut adalah organ yang sangat disukai jasad renik. Komunitas jasad renik yang beraneka ragam dan sangat kompleks hidup di sini, menghuni semua bagian permukaan mulut. Bagian mulut yang lunak dan keras dihuni jasad renik yang mengeluarkan lapisan lendir, yang disebut biofilm, sebagai media hidup baginya. Pada bagian keras mulut, terutama gigi, hidup beberapa jenis bakteri yang mempunyai kemampuan menempelkan diri yang baik.

Bakteri yang hidup di dalam mulut termasuk marga *Streptococcus, Lactobacillus, Staphylococcus, Corynebacteria*, dan jenis-jenis bakteri anaerob lainnya. Memang, bagian mulut bayi yang baru lahir tidak memiliki kehidupan jasad renik, namun dalam waktu singkat setelah bayi mulai menyusui, bakteri pertama pun muncul. Bakteri itu adalah *Streptococcus salivarus*. Begitu gigi anak mulai tumbuh, muncullah bakteri *Streptoccoccus mutans* dan *Streptococcus sanguinis* yang menghuni permukaan gigi dan liang tempat tumbuh gigi (*gingiva*). Jenis lainnya mulai menempati geraham dan dinding mulut, tapi tidak di gigi. Jenis-jenis bakteroides dan Spirochaeta mulai muncul saat seseorang mulai balig.

Ada pula bakteri *Treponema denticola,* penyebab sakit pada bagian periodontal yang disebut periodontitis. *Veillonella,* bakteri berbentuk kokus, memperlambat tumbuhnya lapisan luar gigi. *Porphyromonas gingivalis*, bakteri lain berbentuk kokus, berkaitan dengan sakit periodontitis. Jenis bakteri lain yang juga menyebabkan periodontitis pada anak-anak adalah *Aggregatibacteractinomycetem comitans*. Bakteri ini dapat juga menyebabkan kerusakan tulang geraham. Jenis-jenis *Lactobacillus* dikaitkan dengan dengan timbulnya caries pada gigi, walaupun secara normal mereka bertindak sebagai bakteri simbiosis, bukan patogen, yang juga ditemukan hidup dalam usus.

Plak gigi (*dental plaque*) adalah material berbentuk biofilm yang terbentuk di permukaan gigi. Ia adalah kombinasi dari polimer yang dihasilkan air ludah, produk ekstraselular dan sel bakteri, khususnya *Streptococcus mutans* dan *S. sanguinis*. Kumpulan bakteri ini dapat mempengaruhi jaringan otot di sekitar gigi dan mengakibatkan sakit gigi. Dengan menyikat gigi, plak dapat berubah menjadi tartar, suatu bentuk yang mengeras dari plak, yang dikenal dengan karang gigi.

D. RANTING SIWAK UNTUK KESEHATAN MULUT

Hasil penelitian klinis memperlihatkan bahwa penggunaan miswak dan ek-

strak miswak (50%) terbukti mengurangi bakteri kariogenik dibandingkan menyikat gigi dengan pasta gigi yang umum dipakai. Mengingat miswak sudah tersedia secara alami di negara-negara berkembang (misal India, Ethiopia), maka akan sangat efektif apabila miswak digunakan dalam program kesehatan mulut. Sementara itu, ekstrak miswak dapat diperkenalkan ke masyarakat yang secara tradisional tidak menggunakan miswak untuk membersihkan gigi.

Bahan-bahan yang terkandung dalam miswak adalah trimethylamine, salvadorine klorid, fluoride, silica, sulfur, vitamin C dan sedikit tanin, saponin, flavenoid dan sterol. Efek therapeutic dan prophylactic dari miswak mungkin disebabkan oleh cara mekanik penggunaan yang dikombinasikan dengan cairan kimia biologi yang dikeluarkan. Karena miswak dibiarkan dulu beberapa saat di mulut sebelum dikunyah untuk membersihkan, maka air ludah mungkin juga berpengaruh terhadap miswak.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa ekstrak miswak maupun pasta gigi sama-sama memiliki efek yang sama dalam mencegah perkembangan bakteri patogen dan bakteri yang bersifat kariogenik. Pasta gigi pada dasarnya lebih efektif dalam menekan populasi bakteri, karena fleksibilitas dalam memilih komposisi isinya. Dari berbagai komposisi isi, berbagai efek yang berbeda-beda ditemukan dalam komposisi mikroba yang dicoba.

Meski demikian, miswak dapat dijadikan alternatif pasta gigi karena sangat murah dan mudah didapat. Pohon miswak tersedia dan mudah diperbanyak di pedesaan pada negara-negara miskin. Tidak perlu keahlian khusus dan modal besar untuk memproduksinya.

Penelitian klinis dan epidemiologi memperlihatkan akan adanya efek yang menguntungkan pada seseorang yang mengunyah ranting pohon miswak pada saat membersihkan gigi. Campuran cairan dari miswak yang dicampurkan dengan air, ethanol 96%, asam asetat 2% dan etil asetat dicobakan pada bakteri yang biasa ditemukan hidup di mulut (*Streptococcus mutans, Lactobacillus acidophilus, Actinobacillus actinomycetemcomitans, Actinomyces naeslundii, Porphyromonas gingivalis, Prevotella intermedia,* dan *Candida albicans*). Ditemukan bahwa ekstrak dari bagian akar merupakan yang paling baik. *S. mutans* adalah yang paling terpengaruh, sedangkan *L. acidophilus* adalah yang paling kuat.

Para peneliti pada akhirnya setuju bahwa orang yang memiliki gigi sehat bukanlah mereka yang menggunakan sikat gigi atau pasta yang paling

canggih, akan tetapi mereka yang secara teratur membersihkan giginya setelah makan. Pada kenyataannya, beberapa bangsa kuno yang tidak memiliki teknologi tersebut memiliki kesehatan mulut yang prima. Bangsa Indian di Amerika menggunakan ranting pohon tertentu untuk membersihkan gigi. Cairan yang terkandung dari pohon ini ternyata mampu membunuh bakteri. Bangsa Indian Mojave yang tinggal di padang pasir menggunakan ranting semak kreosot untuk menggosok gigi. Adapun masyarakat pedesaan India menggunakan ranting pohon neem untuk menggosok gigi.

Sementara itu, masyarakat di Jazirah Arab menggunakan ranting semak miswak untuk menggosok dan membersihkan gigi. Salah satu ujung ranting dibentuk seperti sikat dengan cara digigit dan dikunyah. Dengan demikian, serat ranting itu akan terpisah-pisah, dan cairan herbalnya akan terlepas. Beberapa keuntungan miswak adalah tidak memerlukan odol dan air, mudah dibawa, dan ramah lingkungan karena mudah didaur ulang.

Di samping semua kemudahan itu, alasan utama penggunaan miswak adalah bahwa itu adalah sunah Nabi, sebagaimana dinyatakan dalam beberapa hadis di atas. Menjaga gigi dan mulut tetap bersih adalah penting, baik secara Islam maupun kedokteran. Secara sederhana, rasanya tidak sopan apabila manusia menghadap Allah dengan bau mulut yang tidak sedap dan gigi yang kotor. Seperti halnya dalam kehidupan nyata; seseorang akan merasa canggung saat harus berbicara berhadapan muka dengan seorang teman dalam keadaan mulut yang berbau dan gigi yang kotor. []

LAMPIRAN 7
AIR LUDAH DAN TANAH SEBAGAI OBAT LUKA

A. AYAT DAN HADIS TENTANG LUDAH DAN TANAH

Dalam perjalanan hijrah dari Mekah ke Madinah, Rasulullah dan Abu Bakr masuk ke dalam gua untuk bersembunyi darri kejaran kaum Quraisy. Di dalam gua itu kaki Abu Bakar digigit oleh ular berbisa. Abu Bakr diam menahan sakit karena tidak ingin Rasulullah terbangun akibat teriakannya. Begitu sakit gigitan itu sampai Abu Bakr tidak kuasa menahan air mata. Ketika Rasulullah bangun dan mengetahui peristiwa itu, beliau lalu mengoleskan air ludahnya pada bekas luka tersebut.

Bagaimana Rasulullah mengobati luka para sahabatnya juga disebutkan dalam hadis lain. Dikisahkan bahwa beliau mengambil sedikit air ludah dari mulutnya dengan telunjuk tangan kanan, menempelkannya ke tanah, lalu mengusapkannya pada luka sambil memanjatkan doa

إِنَّ رَسُوْلَ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ كَانَ إِذَا اشْتَكَى الْإِنْسَانُ الشَّيْءَ مِنْهُ أَوْ كَانَتْ بِهِ قَرْحَةٌ أَوْ جُرْحٌ، قَالَ النَّبِيُّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ بِإِصْبَعِهِ هَكَذَا، وَوَضَعَ سُفْيَانُ سَبَّابَتَهُ بِالْأَرْضِ، ثُمَّ رَفَعَهَا: بِسْمِ اللهِ، تُرْبَةُ أَرْضِنَا، بِرِيْقَةِ بَعْضِنَا، لِيُشْفَى بِهِ سَقِيْمُنَا، بِإِذْنِ رَبِّنَا. (رواه البخاري ومسلم عن عائشة)

Sesungguhnya jika ada orang yang mengeluh sakit kepada Rasulullah, atau menderita luka bernanah atau luka biasa, beliau berkata—

usai mengambil sedikit air ludah dengan jari telunjuk kanannya—sambil meletakkan jarinya ke tanah lalu mengangkatnya, "Dengan nama Allah, dengan tanah kami, dengan air ludah sebagian dari kami, semoga orang yang sakit di antara kami mendapat kesembuhan dengan izin Tuhan kami." (Riwayat al-Bukhāriy dan Muslim dari 'Ā'isyah)

Imam an-Nawawi menjelaskan bahwa maksud hadis tersebut adalah bahwa Nabi mengambil sedikit air ludahnya sendiri dengan jari telunjuk kanannya, lalu beliau meletakkannya di tanah agar ada debu/tanah yang menempel, kemudian beliau mengusapkannya pada bagian yang terluka atau sakit sambil mengucapkan doa di atas.

Dari hadis ini dapat dipetik pelajaran bahwa Rasulullah menjadikan air liur orang mukmin sebagai berkah untuk pengobatan, sebagaimana sabda beliau, "Dengan nama Allah, dengan tanah kami, dengan air ludah sebagian dari kami, semoga orang yang sakit di antara kami mendapat kesembuhan, dengan izin Tuhan kami."

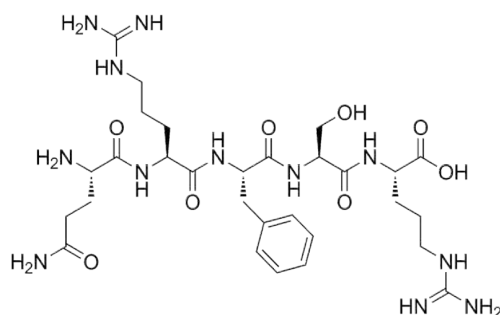
Ucapan "dengan air ludah sebagian dari kami" menunjukkan bahwa air ludah orang mukmin lain pun juga dapat menyembuhkan penyakit, tentu dengan izin Allah. Hadis di atas menjelaskan bahwa Rasul bertabaruk dengan air liur orang mukmin, bahkan tanah bumi. Hal ini menunjukkan bahwa pada hakikatnya seluruh alam ini membawa keberkahan dari Allah.

B. KANDUNGAN KIMIA DAN JASAD RENIK DALAM LUDAH DAN TANAH

Untuk mengetahui apakah air ludah dan tanah benar-benar terbukti dapat digunakan sebagai obat luka, sebagaimana disebutkan dalam hadis di atas, maka hal yang pertama harus diketahui adalah kandungan kimia dan jasad renik dalam air ludah dan tanah. Kemudian, perlu juga diteliti apakah di dalamnya terkandung komponen yang cenderung berperan dalam proses penyembuhan luka dan menenangkan pasien.

1. Air Ludah

Tim peneliti menciri bahwa di dalam air ludah terkandung salah satu protein bernama histatin. Protein ini, di samping berperan dalam membunuh bakteri, juga membantu proses penyembuhan luka. Temuan ini menjelaskan mengapa hewan mamalia seperti anjing, kucing, dan sejenisnya, menjilati lukanya. Temuan ini juga menjelaskan mengapa luka di mulut, seperti luka pasca-pencabutan gigi, sembuh lebih cepat dibandingkan luka pada kulit. Temuan ini memberi harapan bahwa air ludah dapat dijadikan sumber bagi obat baru.

Di samping itu, lembaga Pasteur yang berpusat di Paris, Perancis, me-

Gambar L.7.1
Opiorphin. (en.wikipedia.org)

nemukan bahwa tubuh manusia mampu memproduksi *painkiller* (suatu substansi yang dapat membantu untuk mengatasi rasa nyeri). Para peneliti mengisolasi suatu komponen kimia yang diberi nama *opiorphin* (Gambar L.7.1) dari air ludah manusia. Peran *opiorphin* sebagai *painkiller* selama ini digantikan oleh morfin. Dalam percobaan terbukti bahwa *opiorphin* memiliki kemampuan enam kali lebih kuat daripada morfin dalam mengatasi rasa nyeri.

Ophiorphin diduga mencegah rusaknya bahan kimia *enkephalins* yang diproduksi oleh saraf pusat untuk bertugas mengatasi rasa nyeri. Para peneliti berusaha mengetahui kondisi apa yang merangsang dilepaskannya *enkephalins* dan mengeksplorasi profil farmakologi dari *opiorphin*, sehingga efek toksikologi dari *opiophrin* dapat diketahui. Namun demikian, banyak peneliti lain masih ragu akan hal tersebut. Menurut mereka, masih perlu bukti lain yang lebih kuat guna membuktikan bahwa *opiorphin* dapat berperan sebagai kontrol fisiologis dalam persepsi mengenai nyeri.

Secara kimia, *opiorphin* termasuk molekul yang relatif sederhana. Ia terdiri atas lima asam amino popypeptide, Gln-Arg-Phe-Ser-Arg. *Opiorphin pentapeptida* mengandung tiga *protease*, *ecto-endopeptidase (MME)* netral, *ecto-aminopeptidase N* (ANPEP), dan mungkin *dipeptidyl peptida-se* (DPP3).

Kandungan demikian ini akan memperpanjang efek *enkephalin* saat penahan sakit alami ini dilepaskan secara fisiologis sebagai reaksi terhadap lokasi stimulan rasa nyeri yang spesifik. Cara kerja ini berbeda dengan morfin. Morfin akan bekerja secara acak dan membanjiri seluruh bagian tubuh (tidak spesifik di bagian yang terasa nyeri), sehingga cenderung memberi reaksi yang tidak dikehendaki, termasuk mencandu.

Opiorphin adalah molekul sederhana yang mungkin saja dapat disintesis dan diproduksi dalam jumlah banyak tanpa harus bergantung pada isolasi dari air ludah. Sebagai alternatif, peneliti berupaya menemukan obat yang dapat merangsang tubuh pasien agar memproduksi *opiorphin* dalam jumlah banyak, sehingga pasien dapat menyembuhkan dirinya sendiri.

2. Tanah

Sebagaimana telah dijelaskan di depan, tanah merupakan salah satu habitat hidup jasad renik. Jasad renik penghuni tanah terdiri atas:

a. Bakteri

Bakteri adalah jasad renik paling banyak yang menghuni tanah. Jumlahnya berkisar antara 1 juta individu/gram (pada tanah yang kurang baik) hingga 650 juta/gram pada tanah yang subur. Kebanyakan bakteri di tanah menghasilkan berbagai nutrien yang diperlukan tumbuhan (antara lain nitrogen, sulfur, dan fosfor), memecah mineral dan melepaskan potassium, fosfor, magnesium, kalsium, besi; dan banyak lagi peran lainnya.

b. Jamur renik/ragi

Di tanah juga dijumpai jamur renik atau ragi bersel satu yang membentuk koloni seperti benang, yakni Mycorrhiza. Jamur renik ini diketahui membantu tumbuhan dalam memperoleh nutrisi dan air.

c. Actinomycetes

Actinomycetes adalah bakteri berbentuk serupa benang, seperti jamur renik. Ia bertugas mendaur ulang bahan organik dan melepas nutrien.

d. Alga

Alga terutama hidup di permukaan tanah. Ia memperoleh nutrisi melakukan proses fotosintesis. Ia berperan dalam menyehatkan tanah.

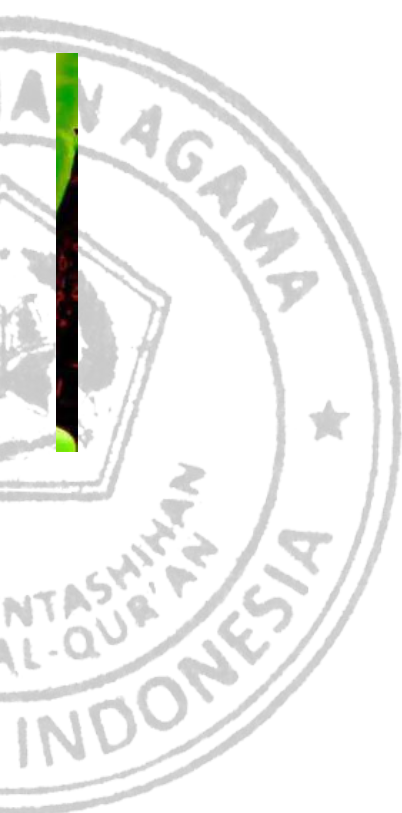
e. Protozoa

Protozoa hidup di air yang ada di antara partikel tanah. Ia berperan sebagai predator (termasuk memangsa bakteri dan ragi penyebab penyakit tanaman), dan melepas nitrogen dalam bentuk yang diperlukan tanaman.

Salah satu bakteri yang ditemukan di tanah adalah dari marga *Clostridium*. Beberapa jenis *Clostridum* diciri menyebabkan beberapa penyakit bagi manusia, seperti *C. botulinum* (melemahkan otot-otot pernapasan apabila termakan, atau otot-otot muka saat menginfeksi bahan kecantikan), *C. difficile* (penyebab diarea), *C. perfringens* (penyebab keracunan makanan, gas gangrene), *C. tetani* (tetanus), atau *C. sordellii* (kasus langka infeksi saat selesainya operasi aborsi). Namun, ada juga jenis-jenis *Clostridium* yang dapat dimanfaatkan untuk pengobatan. Sejumlah ilmuwan dari Inggris dan Belanda mencoba mengembangkan sebuah metode yang menggunakan *Clostridium sporogenes* untuk mengobati penyakit kanker dan tumor.

C. sporogenes adalah bakteri anaerobik, hidup alami di tanah, terutama di lingkungan dengan oksigen minimum. Kaitannya dengan manusia, jenis bakteri ini hidup di kawasan yang berbau tidak enak, seperti di luka yang

sudah menjadi gangrene. Spora *C. sporogenes* dapat hidup pada tumor (*solid tumor*) dengan kandungan oksigen rendah (termasuk pada tumor padat di payudara, otak, dan prostat). Spora *C. sporogenes* disuntikkan ke pasien, dan hanya akan hidup di tumor tertentu. Pada saat menghuni tumor itu, bakteri akan memproduksi enzim tertentu. Obat antikanker disuntikkan terpisah (dalam bentuk *pro-drug* yang tidak aktif). Saat obat *pro-drug* sampai di tumor yang dituju, enzim yang diproduksi bakteri akan mengaktifkannya, memberinya kesempatan untuk merusak hanya sel-sel tumor yang dituju dan tidak bagian tubuh lainnya. *Pro-drug* sangat efektif untuk memerangi tumor kanker pada pasien yang sangat berisiko atau pada tumor yang terletak pada posisi yang sulit dicapai.

Bekerja di luar ruangan, selain menenangkan, ternyata juga menyehatkan. Hal ini diakibatkan hadirnya bakteri tanah *Mycobacterium vaccae* yang dapat berperan dalam menurunkan tingkat kegelisahan dan membuat individu menjadi lebih cerdas. Dari percobaan dengan menggunakan tikus, ditemukan bahwa *M. vaccae* akan merangsang pertumbuhan saraf dan menaikkan kandungan *serotonin*. Kenaikan tingkat *serotonin* berdampak pada turunnya kegelisahan. Bakteri *M. vaccae* diduga menghasilkan bahan antidepersi. *Serotonin* juga berperan dalam pembelajaran. Dalam pembelajaran, tikus yang diberi makanan yang mengandung *M. vaccae* ternyata jauh lebih cepat belajar daripada tikus yang tidak diberi makan *M. vaccae*. Tampaknya kebiasaan untuk beraktivitas di luar rumah, misalnya berkebun, harus digalakkan karena terbukti menyehatkan, mencerdaskan, dan menenangkan. []

LAMPIRAN 8
KENAJISAN AIR LIUR ANJING

A. HADIS TENTANG KENAJISAN AIR LIUR ANJING

Kenajisan air liur anjing tidak didasarkan pada ayat Al-Qur'an, melainkan pada hadis Nabi. Dalam hadis-hadis berikut Nabi bersabda,

إِذَا شَرِبَ الكَلْبُ فِيْ إِنَاءِ أَحَدِكُمْ فَلْيَغْسِلْهُ سَبْعًا. (رواه الشيخان عن أبي هريرة)

Bila seekor anjing minum dari wadah milik kalian maka cucilah wadah itu 7 kali. (Riwayat al-Bukhāriy dan Muslim dari Abū Hurairah)

طَهُوْرُ إِنَاءِ أَحَدِكُمْ إِذَا وَلَغَ فِيْهِ الْكَلْبُ أَنْ يَغْسِلَهُ سَبْعَ مَرَّاتٍ أُوْلَاهُنَّ بِالتُّرَابِ. (رواه مسلم عن أبي هريرة)

Sucinya wadah kalian bila dijilat oleh anjing adalah dengan mencucinya 7 kali, di mana cucian yang pertama dicampur dengan debu. (Riwayat Muslim dari Abū Hurairah)

Seluruh ulama sepakat bahwa air liur anjing hukumnya najis, bahkan levelnya termasuk berat (*mugallaẓah*). Untuk menyucikan benda-benda yang terkena liur anjing diperlukan tujuh kali basuhan, di mana salah satunya dicampur dengan debu.

Bila air liur anjing disepakati kenajisannya, tidak demikian halnya dengan status tubuh anjing. Banyak ulama menyatakan bahwa tubuh anjing juga najis, karena air liur itu bersumber dari tubuh anjing. Sangat tidak masuk akal bila wadah air terjilat moncong anjing hukumnya najis, sementara tu-

buh anjing sebagai sumber air liur itu justru tidak najis. Namun, ada pendapat lain yang mengatakan bahwa tubuh anjing tidak najis; yang dihukumi najis hanyalah air liurnya. Ulama yang mengatakan demikian beralasan bahwa hadis mewajibkan umat Islam mencuci tujuh kali suatu benda hanya apabila ia terkena jilatan anjing, tidak bila terkena badan anjing.

Berikut ini detail perbedaan pandangan para ulama mazhab tentang kenajisan anjing. Mazhab Hanafi, dengan berbagai referensi, menyatakan bahwa bagian yang najis dari anjing ada tiga, yaitu air liur, mulut, dan kotorannya. Adapun bagian tubuh lainnya dianggap tidak najis. Kedudukan anjing sebagai hewan dianggap memiliki manfaat bagi kehidupan manusia, misalnya sebagai hewan penjaga dan pemburu.

Mazhab Malik mengatakan bahwa bagian yang najis dari anjing hanya air liurnya. Bila air liur anjing jatuh ke dalam wadah air, air itu wajib dibuang dan wadahnya harus dicuci tujuh kali. Karena hadis tidak menyebutkan najisnya tubuh anjing, maka logika fikih mengantarkan mereka kepada pendapat bahwa tubuh anjing tidak najis.

Mazhab Syafi‘i dan Hanbali sepakat menajiskan seluruh tubuh anjing, tidak terkecuali keringatnya. Hewan lain yang kawin dengan anjing pun akan ikut dalam hukum yang sama pula. Untuk menyucikan benda yang tersenggol anjing diperlukan tujuh kali basuhan, yang salah satunya mesti dicampur dengan tanah. Logika yang mereka gunakan adalah bahwa sumber air liur itu datang dari badan. Bila air yang keluar itu najis, maka tubuhnya sebagai sumber cairan itu pun haruslah najis. Termasuk dalam hukum najis adalah air apa saja yang keluar dari tubuh anjing, seperti air kencing, kotoran, dan keringat.

Islam tidak melarang umatnya memelihara anjing apabila digunakan untuk hal-hal yang berguna, seperti berburu, menjaga, mencari jejak, dan sebagainya. Islam bahkan memperbolehkan mereka memakan hewan hasil buruan anjing pemburu yang telah terlatih.

يَسْـَٔلُوْنَكَ مَاذَآ اُحِلَّ لَهُمْۗ قُلْ اُحِلَّ لَكُمُ الطَّيِّبٰتُۙ وَمَا عَلَّمْتُمْ مِّنَ الْجَوَارِحِ مُكَلِّبِيْنَ تُعَلِّمُوْنَهُنَّ مِمَّا عَلَّمَكُمُ اللّٰهُ فَكُلُوْا مِمَّآ اَمْسَكْنَ عَلَيْكُمْ وَاذْكُرُوا اسْمَ اللّٰهِ عَلَيْهِ ۖ وَاتَّقُوا اللّٰهَ ۗاِنَّ اللّٰهَ سَرِيْعُ الْحِسَابِ ٤

Mereka bertanya kepadamu (Muhammad), "Apakah yang dihalalkan bagi mereka?" Katakanlah, "Yang dihalalkan bagimu (adalah makanan) yang baik-baik dan (buruan yang ditangkap) oleh binatang pemburu yang telah kamu latih untuk berburu, yang kamu latih menurut apa yang telah diajarkan Allah kepadamu. Maka makanlah apa yang ditang-

kapnya untukmu, dan sebutlah nama Allah (waktu melepasnya). Dan bertakwalah kepada Allah, sungguh, Allah sangat cepat perhitungan-Nya." (al-Mā'idah/5: 4)

Menurut para mufasir, "binatang buas yang telah diajar" adalah hewan yang telah dilatih berburu, di antaranya anjing pemburu. Tentu, bekas gigitannya pada tubuh binatang buruan tidak boleh dimakan, namun bagian lainnya halal dimakan dan tidak perlu disembelih lagi.

B. LINGKUNGAN MULUT ANJING DAN HEWAN LAINNYA

Mulut, tidak terkecuali mulut anjing, adalah lingkungan yang sangat baik bagi perkembangbiakan jasad renik. Beberapa penyakit akibat bakteri patogen umum ditemui pada luka gigitan anjing, seperti pasteurela, tetanus, rabies, klebsiella, proteus, eikenella, dan sebagainya.

Anjing hampir tak pernah membersihkan mulutnya. Mereka menggunakan mulut untuk menggigit dan menyentuh hampir semua benda yang disukainya. Mereka juga memanfaatkan lidahnya sebagai semacam "kertas toilet" bukan saja untuk dirinya, tetapi juga untuk anjing lain yang ditemuinya.

Jasad renik apa saja yang terdapat di mulut anjing dapat diidentifikasi dari bekas gigitannya. Umumnya, infeksi akan terjadi pada bekas gigitan yang disebabkan oleh banyak jenis jasad renik, baik yang bersifat aerobik maupun anaerobik. Jenisnya dapat berbeda dari satu jenis hewan ke hewan lain, dan merefleksikan jasad renik yang hidup di mulut hewan tersebut. Kadangkala juga dijumpai jasad renik dari hewan lain yang dicernakan (bila ini adalah hewan buas). Kandungan jasad renik yang hidup di bagian mulut anjing dan beberapa jenis hewan lainnya dapat dilihat pada Tabel L.8.1.

Dari tabel ini terlihat bahwa tingkat kesamaan kelompok jasad renik dari berbagai hewan tidaklah berbeda jauh antara satu dengan lainnya. Perbedaan mencolok hanya dijumpai pada kera, di mana lebih banyak virus yang ditemukan di mulutnya dibanding hewan lainnya. Hanya saja, dari situasi ini tidak dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat kesesuaian antara kehadiran jenis jasad renik pada mulut suatu jenis hewan dengan status kenajisannya. Aturan fikih yang telah disetujui para ulama lebih tepat untuk dijadikan patokan dalam menentukan kenajisan suatu jenis hewan. []

Jenis Jasad Renik	**Kehadiran**					
	Anjing	Kucing	Kera	Beruang	Babi	Kuda
Pasteurella	++++	++++			++	++
Streptococcus	+++	+++	++	++++	++	++
Staphylococcus	+++	++		+++	++	++
Neisseria	++	++	+++			++
Corynebacterium	++	++				
Fusobacterium	++	+++	+++		++	
Bacteriodes	++	++			+++	+++
Provetolla	++	++				
Propionibacterium	++	+++				
Bergeyella		++				
Haemophilus			+++			
Actinomyces	+		+++			
Peptostreptococcus			++			
Actinobacter		++		+++	++++	
Aeromonas				+++		
Bacillus	+			+++		
Citrobacter	+			++		
Escherchia	+			+++	+++	+++
Actinobacillus	+		++			++++
Campylobacter						+++
Moraxella		++				
Eikenella			++			
simian foamy virus			+++			
Cercopithecine herpesvirus 8			+++			
Simian virus 40			+++			
Cercopithecine herpesvirus 1			+++			

LAMPIRAN 9
BEBERAPA PENYAKIT DAN JASAD RENIK PENYEBABNYA

A. PENYAKIT PADA KULIT

1. Bakteri

Staphylococcal Infection adalah payung untuk semua infeksi yang disebabkan bakteri *Staphylococcus*, di antaranya *Staphylococcus aureus* penyebab sakit *Folliculitis*, menyerang folikel rambut. Bakteri yang menghasilkan racun ini dapat juga menimbulkan sakit Scalded Skin Syndrome yang menyebabkan kulit mengelupas pada anak-anak.

Penyakit kulit lain yang disebabkan kelompok Coccus adalah *Impetigo contagiosum* yang disebabkan jenis-jenis *Streptococcus* dan *Staphylococcus*. Penyakit kulit ini berjangkit terutama di antara anak-anak. Penyakit kulit lainnya adalah Erysipelas yang disebabkan oleh *Streptococcus pyogenes* (Gambar 2.3) dan beberapa jenis patogen dari marga yang sama. Bengkak berwarna kemerahan di kulit menandai tempat masuknya bakteri ini.

Gas Gangrene adalah penyakit yang menyerang organ otot di bawah kulit dan darah; disebabkan oleh beberapa jenis *Clostridium*, di antaranya *Clostridium perfringens* (Gambar L.9.1), *C. novyi*, dan *C. septicum*. Penularan dilakukan dengan sporanya yang menginfeksi luka. Organisme berkembang pada jaringan yang terluka, dan memproduksi gas. Gas menyebar ke sel jaringan lain, dan membunuh sel karena kekurangan oksigen. Dengan cara ini gangrene menyebar. Degenerasi jaringan otot di seluruh bagian tubuh da-

pat terjadi karena bakteri menyebar racunnya melalui sirkulasi darah.

Madura Foot adalah penyakit kulit lain yang terutama menyerang kulit pada kaki yang disebabkan oleh kombinasi dari beberapa jenis jasad renik. Penyebabnya antara lain bakteri tanah yang termasuk marga *Nocardia*, *Actinomyces* dan *Streptomyces*. Jenis-jenis bakteri ini masuk ke dalam kulit dan menyebar sampai ke otot dan tulang.

Gambar L.9.1
Bakteri Staphylococcus aureus, Streptococcus pyogenes, dan Clostridium perfringens. (foodpoisonjournal.com; science.tumblr.com; corbisimages. com).

2. Virus

Rubella atau German Measels adalah penyakit yang menyerang beberapa organ tubuh, yang disebabkan oleh *virus rubella* (Gambar L.9.2) yang mengandung RNA Bercak pada kulit dimulai di bagian perut, dan menyebar ke seluruh tubuh. Penyakit ini dapat ditularkan dari ibu kepada bayi yang dikandungnya. Bila tertular penyakit ini, bayi akan lahir dengan kerusakan pada mata, telinga, dan jantung.

Measels atau Rubeola disebabkan juga oleh virus RNA yang dikenal sebagai *virus rubeola* (Gambar L.9.2). Penyakitnya diciri dengan timbulnya bercak merah dengan putih di bagian tengahnya pada kulit di bagian pipi, gusi, dan bibir. Penyakit ini ditularkan melalui air ludah saat penderita batuk.

Chickenpox atau varicella disebabkan oleh *virus varicella zoster* (Gambar L.9.2) yang mengandung DNA. Penyakit ini mirip dengan Herpes Zoster (Shingles) yang menyerang orang dewasa. Penyakit ini sangat cepat me-

Gambar L.9.2
Virus rubella; Virus rubeola dan Virus varicella zoster.
(rkm.com.au; madrimasd.org; fastchickenpoxcure.com)

Gambar L.9.3
Virus variola dan HPV (Human Papilloma Virus).
(scivit.de; 3dciencia.com)

nyebar, dan ditularkan melalui udara. Benjolan kecil berisi cairan dimulai dari perut dan kulit kepala, lalu menyebar ke bagian muka dan lengan.

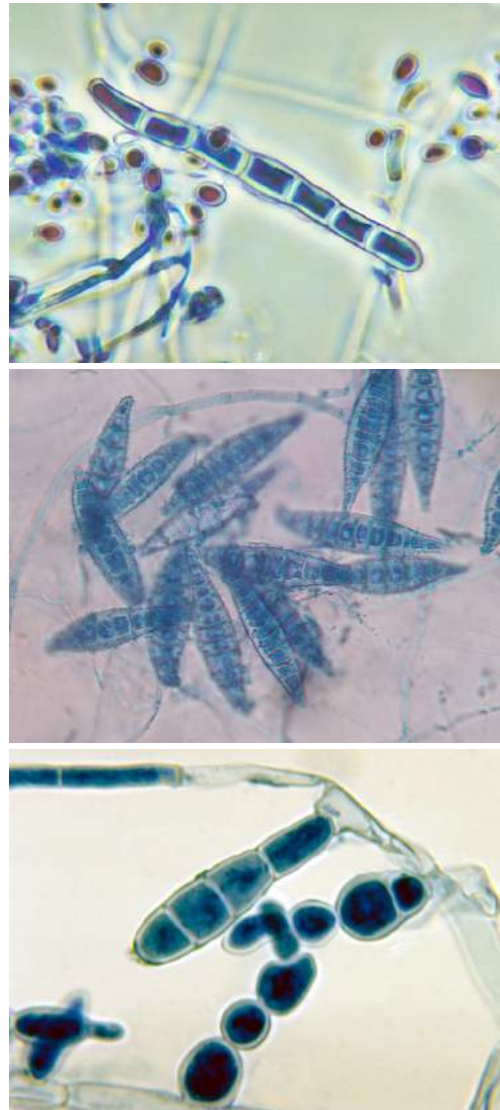
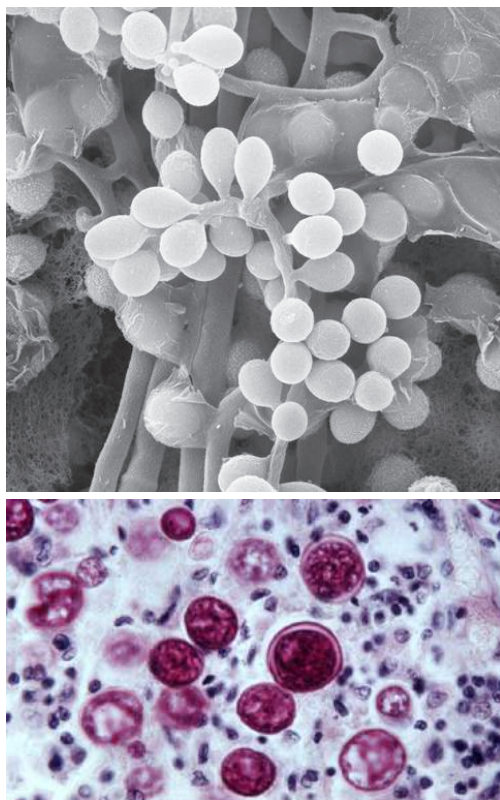
Smallpox atau penyakit cacar, disebabkan oleh virus *variola* (Gambar L.9.3) yang mengandung DNA, berbentuk kotak. Di masa lalu, penyakit cacar

adalah penyakit infeksi yang menyebabkan kematian banyak orang di dunia. Cacar dinyatakan sudah sepenuhnya terbasmi pada 1977. Virus ini juga menyebabkan penyakit Cowpox yang menyerang hewan ternak dan penyakit Molluscum Contagiusum yang menyerang kulit manusia.

Warts adalah penyakit yang disebabkan oleh HPV (Human Papilloma Virus) (Gambar L.9.3) yang mengandung DNA. Penyakit ini di antaranya menyerang kulit di sekitar alat kelamin. Penyakit ini juga banyak dianggap sebagai penyebab kanker serviks pada wanita.

2. Jamur Renik

Ringworm (*tinea corporis*—pada tubuh; *tinea curis*—pada leher; *tinea capitis*—pada kulit kepala) dan Athlete's Foot (*tinea pedis*) adalah penyakit yang menyerang kulit di berbagai bagian tubuh. Penyakit ini disebabkan oleh jamur renik dermatophytes, di antaranya *Trichophyton rubrum var rodhaini, Microsporum canis, dan Epidermophyton flocossum* (Gambar L.9.4). Ciri utamanya adalah munculnya benjolan kecil berisi air pada kulit.

Sporotrichosis adalah penyakit kulit yang disebabkan oleh jamur *Sporothrix schenckii* (Gambar L.9.5). Jamur ditularkan dari luka yang akibat tertusuk duri mawar, barberry, atau tumbuhan semak lainnya. Mula-mula terjadi tonjolan-tonjolan kecil di sekitar luka. Racun akan menyebar melalui saluran getah bening, dan pada akhirnya menjadi tonjolan membengkak keras di bagian dalamnya.

Gambar L.9.4
Jamur renik Trichophyton rubrum var rodhaini, Microsporum canis, dan Epidermophyton flocossum. (en.wikipedia.org)

Gambar L.9.5
Sporothrix schenckii dalam bentuk conidia dan Blastomyces dermatitidis. (pf.chiba-u.ac.jp; doctorfungus.org)

Blastomycosis adalah penyakit kulit yang disebabkan oleh jamur renik *Blastomyces dermatitidis* (Gambar L.9. 5). Jamur ini ditularkan melalui udara, baik dari air ludah yang terbawa udara saat seseorang batuk, atau terbawa angin dari luka yang terbuka.

B. PENYAKIT PADA MATA

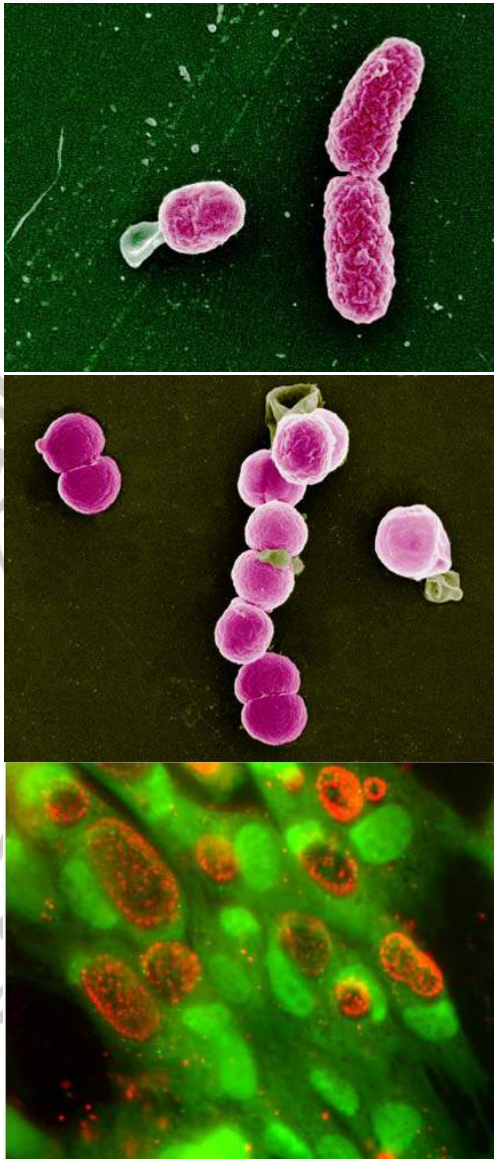
Beberapa jenis penyakit pada mata dapat disebabkan, secara langsung maupun tidak, oleh jasad renik.

1. Bakteri

Conjuncvitis adalah istilah yang merujuk pada infeksi di bagian membran (conjunctiva) yang melapisi kelopak mata dan bagian pupil. Ada banyak jasad renik yang menginfeksi membran ini, di antaranya *Haemophilus aegyptius* dan *H. influenza* (Gambar L.9.6). Penyakit ini diciri dari bola mata yang memerah.

Trachoma disebabkan oleh bakteri *Chlamydia trachomatis* (Gambar L.9.6). Penyakit ini menyerang bagian kornea mata dan mengganggu penglihatan. Banyak penyakit infeksi reproduksi menjadi penyebab terjadinya infeksi mata pada bayi yang dilahirkan penderita. Kontak bayi dengan bakteri terjadi dalam proses melahirkan. Salah satunya infeksi Gonococcal Ophthalmia yang disebabkan oleh bakteri *Neisseria gonorrheae*. Infeksi ini dapat mengarah pada kebutaan. Bakteri ini juga merupakan penyebab penyakit kelamin gonorrhea.

2. Virus

Adenoviral Keratoconjunctivitis adalah penyakit mata yang menyerang kornea. Penyebabnya adalah virus DNA yang masuk kelompok *Adenovirus* (Gambar L.9.7). Biasanya virus ini hanya menyebabkan demam biasa. Akan tetapi, apabila menyerang mata, ia dapat menyebabkan infeksi kornea.

Gambar L.9.6
Haemophilus influenza, Chlamydia trachomatis, dan Neisseria gonorrheae. (waterscan.rs; bacvirpara.blogspot.com)

Gambar L.9.7
Virus simplex dan Adenovirus.
(123rf.com; turbosquid.om)

C. PENYAKIT PADA SISTEM SARAF

Penyakit yang menyerang saraf disebabkan oleh jasad renik dan dianggap sangat serius. Hal ini disebabkan kaitannya dengan fungsi yang menentukan dari kerja otak, sumsum tulang belakang, dan saraf kranial.

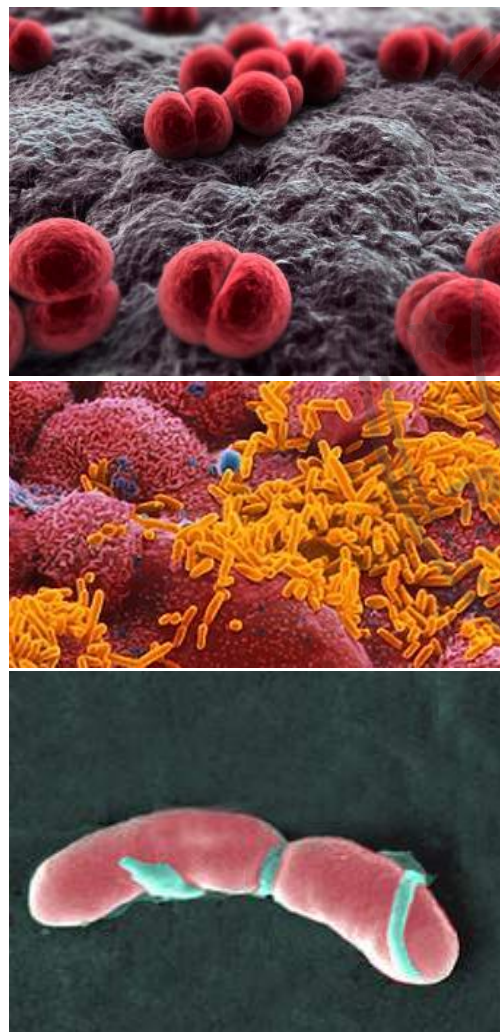
1. Bakteri

Meningococcal Meningitis disebabkan oleh bakteri diplococcus *Neisseria meningitides* (Gambar L.9.8). Penyakit ini ditularkan melalui napas penderita. Organisme ini kadangkala

ditemukan dalam jumlah banyak pada bagian tenggorokan, tanpa penderita menampakkan tanda-tanda sakit. Organisme ini memiliki racun endotoksin yang berasosiasi dengan meningitis. Penderita akan merasakan pusing, demam, kedinginan, dengan kulit bercak biru kehitaman di beberapa tempat. Kelenjar adrenal dapat juga terkena.

Haemophilus Meningitis adalah penyakit meningitis yang disebabkan oleh bakteri *Haemophilus influenzae* tipe B (Gambar L.9.8). Organisme ini umumnya menyerang anak-anak pada umur tahun pertama. Penyakit ini dapat menyebabkan gangguan saraf, demam, dan kemungkinan keterbelakangan mental.

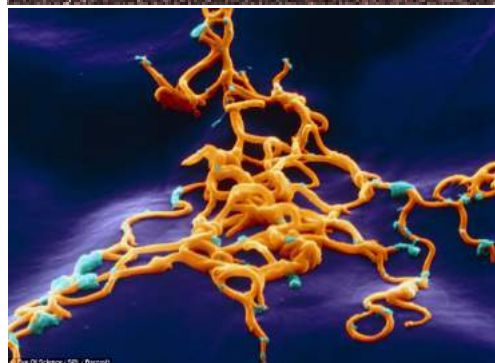
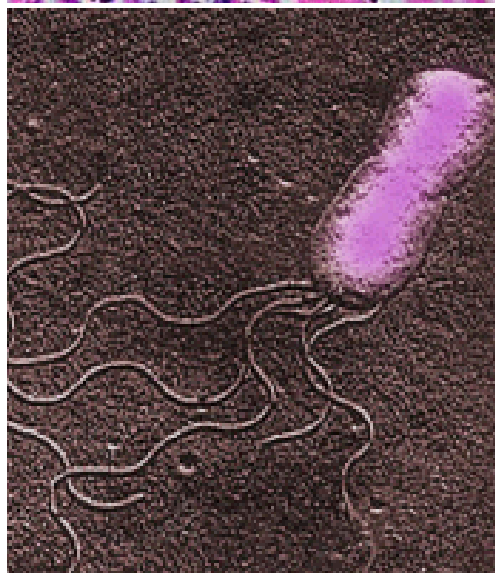
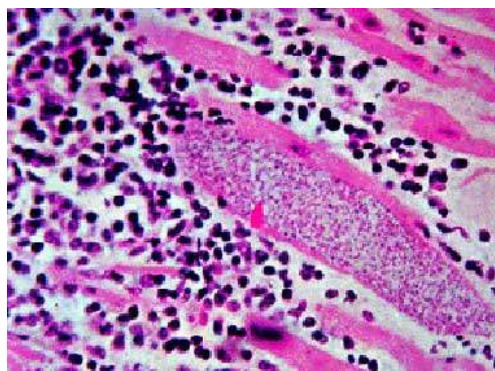
Listeriosis adalah penyakit saraf yang disebabkan oleh bakteri *Listeria monocytogenes* (Gambar L.9.8). Bakteri ini juga dapat menyerang darah dan mengakibatkan meningitis (disebut sakit Lysteric Meningitis). Penularannya dapat melalui susu dan keju yang tidak dipasteurisasi dengan baik. Produk daging yang tidak dikelola dengan baik dapat pula menjadi agen penular. Pada penderita yang hamil, basilus ini dapat mempengaruhi janin dan menyebabkan keguguran.

Lepra dianggap sebagai penyakit sistem saraf karena bakteri penyebabnya menyerang sistem saraf di kulit. Penderita akan kehilangan semua perubahan rasa. Perubahan bentuk pada jari tangan dan kaki, serta erosi tulang menjadi ciri utamanya. Penyebabnya adalah bakteri *Mycobacterium leprae* (Gambar L.9.9). Bentuk penyakit lepra lainnya adalah Tuberculoid Leprosy dan Lepromatous Leprosy yang menyerang kulit.

Gambar L.9.8
Bakteri Neisseria meningitides, Haemophilus influenzae tipe B, dan Listeria monocytogenes. (bioquell.com; nhs.ukuppitywoman08.wordpress.com)

Dua bakteri lain juga menjadi penyebab penyakit yang menyerang saraf. Bakteri *Bartonella* (a.l. *Bartonella henselae* (Gambar L.9.9) ditemukan dapat memicu Major Depressive Disorder dan Panic Disorder. Sedangkan bakteri *Borrelia burgdorferi* (Gambar L.9.9) dikaitkan dengan penyakit Bipolar Disorder.

Bipolar Disorder adalah sejenis penyakit psikologis, ditandai oleh perubahan suasana hati (*mood*) yang sangat ekstrem. Suatu saat penderita akan merasa bahagia, dan tiba-tiba berubah menjadi sangat sedih. Perubahan antara dua kutub (*bipolar*) terjadi dengan sangat tiba-tiba. Bakteri *Borrelia burgdorferi* ini juga dikenal menimbulkan Anorexia Nervosa, ADHD, dementia, depresi, Obsessive-Compulsive Disorder, Rheumatoid Arthritis, Sarcoidosis, dan Shizophrenia.

Bakteri *Chlamydia pneumonia* (Gambar L.9.10) terkait dengan timbulnya penyakit Alzheimer yang menginfeksi sistem saraf, bersama-sama dengan bakteri *Helicobacter pylori* dan protozoa parasit *Toxoplasma gondii.* Alzheimer bukanlah penyakit menular; ia hanya sejenis sindrom yang terjadi bersama dengan matinya sel-sel otak secara terprogram (*apoptosis*), sehingga otak berkerut dan mengecil.

Walaupun organisme utama penyebab asma adalah *rhinovirus* dan *human respiratory syncytial virus*, namun bakteri *Chlamydia pneumonia*

Gambar L.9.9
Bakteri Mycobacterium leprae, Bartonella, dan Borrelia burgdorferi. (nps.gov; marvistavet.com; dailymail)

yang diuraikan di atas juga cukup berperan, terutama berkait pada asma yang diderita orang dewasa. Peran bakteri ini juga sangat besar dalam timbulnya penyakit Atherosclerosis (radang pembuluh darah akibat penumpukan plak). Bakteri ini dapat merangsang timbulnya kanker paru-paru, Chronic Fatigue Syndrome, dan Chronic Obstructive Polmunary Desease.

Bakteri jenis *Helicobacter pylori* (Gambar L.9.10) bersama dengan virus *Cytomegalovirus* berperan dalam timbulnya penyakit Anxiety Disorder. Nama penyakit ini merupakan payung untuk beberapa penyakit psikis yang ditandai dengan gangguan lambung, rasa khawatir, takut dan ketidaknyamanan tentang masa depan. Banyak penyakit lain yang seringkali mirip dan keliru diidentifikasi sebagai penyakit ini. Selain itu, bakteri ini juga berperan dalam timbulnya penyakit Alzheimer, Autoimmune Diseases, kanker pankreas, kanker saluran pencernaan, tukak lambung, Metabolic Syndrome, Obesitas, Psoriasis, Sarcoidosis, dan Stroke.

Gambar L.9.10
Bakteri Chlamydia pneumonia, Helicobacter pylori, dan Streptococcus pneumonia. (visualphotos.com; resourcefulus.com; microbewiki.kenyon.edu)

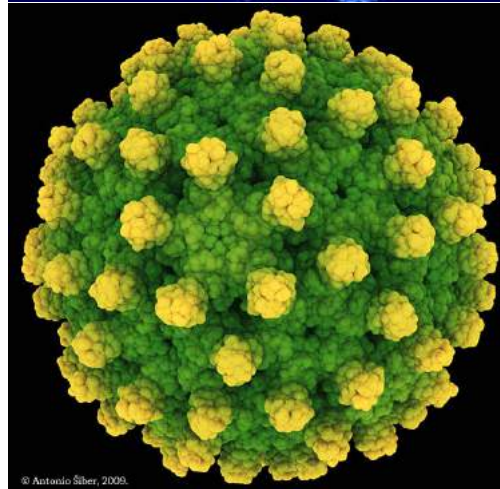
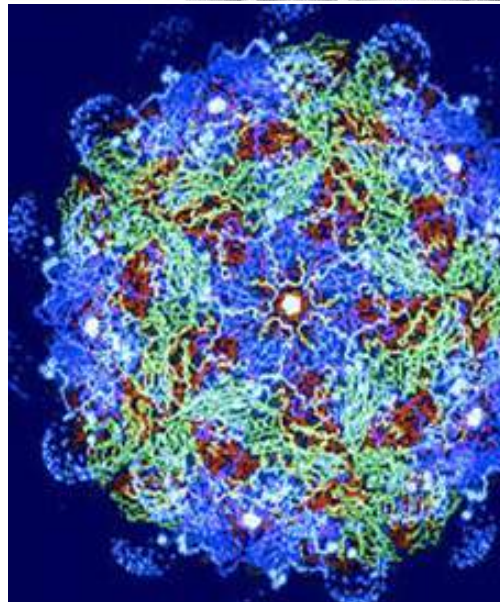
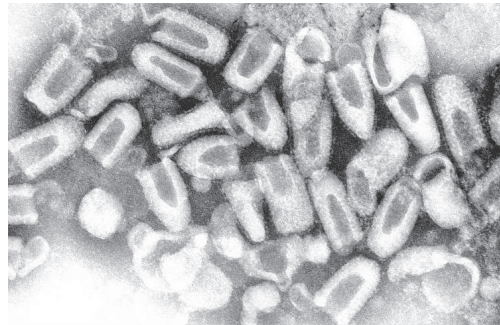
Bakteri *Streptococcus pneumonia* (Gambar L.9.10) ditunjuk sebagai penyebab penyakit Anorexia Nervosa. Penyakit gangguan makan ini ditandai dengan penolakan untuk mempertahankan berat badan dan rasa takut berlebihan terhadap kenaikan berat badan. Keadaan ini muncul karena timbulnya pencitraan diri yang menyimpang dan mempengaruhi cara berpikir dan mengevaluasi makanannya. Akibatnya, pengidap akan menderita secara psikologis, sosiologis, dan fisio-

logis sekaligus. Bakteri ini juga dinilai sebagai penyebab ADHD, Colorectal cancer, Obsessive–Compulsive Disorder, dan Tourette Syndrome.

Kehadiran bakteri *Clostridium*, seperti *Clostridium lectum*, dikaitkan dengan penyakit Autisme. Pada anak penderita Autisme, bakteri ini dapat hadir dalam jumlah berlimpah di lambungnya. Autisme adalah suatu perkembangan saraf yang tidak normal, dan mengakibatkan gangguan pada proses jaringan informasi di otak, proses belajar, dan berbicara. Ciri yang dapat dilihat dari anak penderita Autisme adalah kesulitan dalam berinteraksi sosial dan berkomunikasi; suka menyendiri, serta sering mengulang-ulang gerakan.

2. Virus

Rabies adalah penyakit mematikan yang menyerang sistem saraf otak. Agen pembawa penyakit ini adalah virus RNA dari kelompok *Rhabdoviridae* (Gambar L.9.11). Rabies disebarkan melalui kontak dengan hewan berdarah panas yang terjangkit rabies. Infeksi oleh virus ini akan mempengaruhi otak, menyebabkan tekanan pada sistem saraf, dan melumpuhkan otot.

Encephalitis, penyakit yang disebabkan oleh beberapa varietas virus RNA, menyebabkan panas tinggi pada

Gambar L.9.11
Virus rabies, Epstein-Barr Virus, dan Virus Hepatitis B. (homepage.usask.ca; multiple-sclerosis-research.blogspot.com; asiber.ifs.hr)

otot otak. Virus berasal dari kuda dan ditularkan oleh serangga, di antaranya nyamuk.

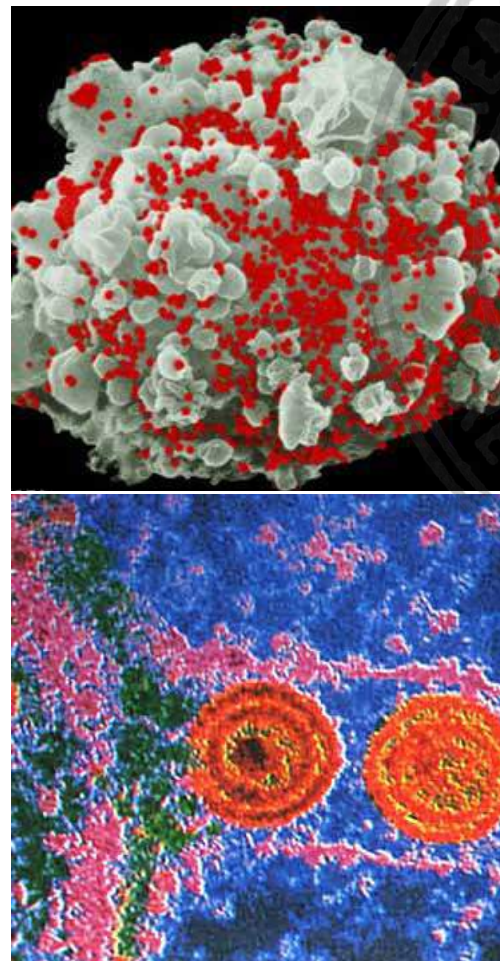
Poliomyelitis atau lebih dikenal dengan nama Polio, adalah penyakit yang menyerang sistem saraf yang disebabkan oleh virus RNA dari kelompok *Picornaviridae*. Virus ditularkan oleh air atau makanan yang terkontaminasi, dan menyebabkan kejang usus. Saat virus mencapai saraf pusat, ia dapat mengakibatkan meningitis atau kelumpuhan saraf punggung.

Cytomegalovirus (CMV) adalah virus yang secara sendiri maupun bekerja sama dengan virus dan jasad renik lainnya menyebabkan beberapa penyakit yang cukup berat. Di antaranya (bersama bakteri *Heliobacter pylori*) menyebabkan penderita tidak dapat mengendalikan kecemasannya (Anxiety Disorder).

Penyakit lain yang juga ditimbulkan oleh *Cytomegalovirus* (CMV) antara lain: Autisme, Autoimmune Diseases, tumor otak, Dementia, depresi, Diabetes Mellitus tipe 2, Guillain-Barre Syndrome, Metabolic Syndrome, Myocardial Infarction, dan Lupus.

Epstein-Barr Virus (Gambar L.9. 11) diketahui menjadi penyebab penyakit kanker payudara, kanker usus, Autoimmune Diseases, Lupus, Hodgkin's Lymphoma, Nasopharyngeal Carcinoma, Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Seasonal Affective Disorder, dan Multiple Sclerosis.

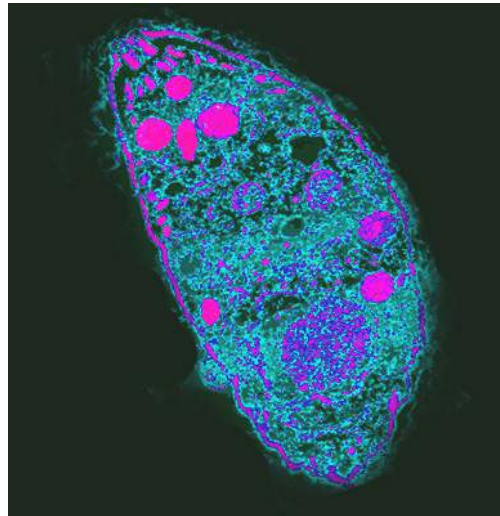
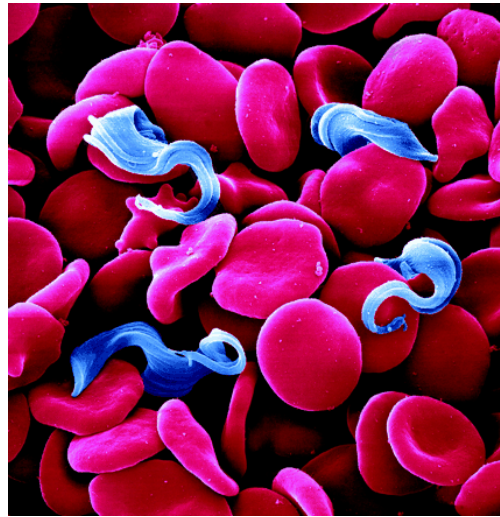
Virus Hepatitis B (Gambar L.9. 11) dan Hepatitis C dikenal dapat menyebabkan timbulnya penyakit kanker pankreas, Vasculitis, Hepatocellular Carcinoma, Hodgkin's Lymphoma, dan Diabetes Mellitus tipe 2.

Virus *Herpes simplex* (Gambar L.9.12) berperan dalam menimbulkan

Gambar L.9.12
Virus herpes simplex dan Virus HIV. (supernutrient.com; mitrakesehatan. com)

penyakit Alzheimer pada individu spesifik, yaitu seseorang yang memiliki gen APOE-4. Gen ini memungkinkan virus herpes masuk ke bagian otak. Di samping itu, virus ini berperan dalam timbulnya penyakit jantung koroner dan sindrom metabolik.

Virus HIV (Gambar L.9.12) bersama dengan virus lain, *Enterovirus 71*, bakteri *Borrelia burgdorferi*, dan jenis-jenis bakteri *Streptococcus* ditunjuk menjadi penyebab timbulnya penyakit ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder) dan kesulitan belajar (Learning Disorder). Penyakit ini semakin parah apabila pada tubuh penderita juga ditemukan Human Herpes Virus 6 dan Influenza A dalam jumlah banyak. ADHD akan berbahaya apabila muncul saat ibu sedang mengandung dan saat pertumbuhan anak.

3. Protozoa

Trypanosomiasis atau dikenal dengan penyakit tidur disebabkan oleh protozoa dari marga *Trypanosoma* (Gambar L.9.13). Penyakit ini ditemukan di beberapa tempat. Di Afrika, penyakit ini disebabkan oleh *Trypanosoma brucei* dan ditularkan oleh lalat Tsetse. Protozoa menginfeksi darah, memicu gerakan yang tidak terkoordinasi. Inilah salah satu ciri khas terganggunya sistem saraf. Di Amerika Selatan, penyakit ini disebabkan oleh *Trypanosoma cruzi* yang ditularkan oleh kumbang. Organisme ini menyerang sistem saraf dan otot jantung.

Gambar L.9.13
Trypanosoma brucei dan Toxoplasma gondii.
(parasitemuseum.com; microbiologybytes.com)

Penyakit Parkinson adalah penyakit degeneratif saraf, menyebabkan tremor (lengan bergetar), kesulitan memulai pergerakan, dan otot-otot kaku. Penyakit ini disebabkan sel-sel

saraf pada bagian otak yang bernama *ganglia basalis* mengalami kemunduran sehingga hubungan dengan sel saraf dan otot lainnya lebih sedikit. Parkinson cenderung diturunkan, walau terkadang faktor genetik tidak memegang peran utama.

D. PENYAKIT PADA SISTEM PEREDARAN DARAH DAN GETAH BENING

Penyakit infeksi pada sistem peredaran darah akan berakibat terhadap darah, urat-urat darah, dan jantung. Dalam banyak kasus, infeksi yang terjadi hanya pada organ peredaran darah, namun ada pula yang kemudian menyebar ke organ lainnya. Penyakit getah bening menyerang getah beningnya sendiri, salurannya, dan organ terkait (a.l. amandel, limpa).

1. Bakteri

Septicemia adalah ekspresi umum untuk infeksi darah dan urat darah oleh jasad renik. Di masa lalu penyakit ini dikenal sebagai keracun-an darah. Penyebabnya adalah *Streptococcus pyogenes* (Gambar L.9.14).

Gambar L.9.14
Bakteri Streptococcus pyogenes, Francisella tularensis, dan Yersinia pestis. (flickr.com; ojocientifico.com; fineartamerica.com)

Infeksi akan mengakibatkan pasien menderita demam berkepanjangan, perasaan tidak nyaman, dan turunnya tekanan darah. Kadang kala organisme ini menyerang sekat jantung, yang selanjutnya dirusak oleh jasad renik lain, seperti *Staphylococcus aureus.*

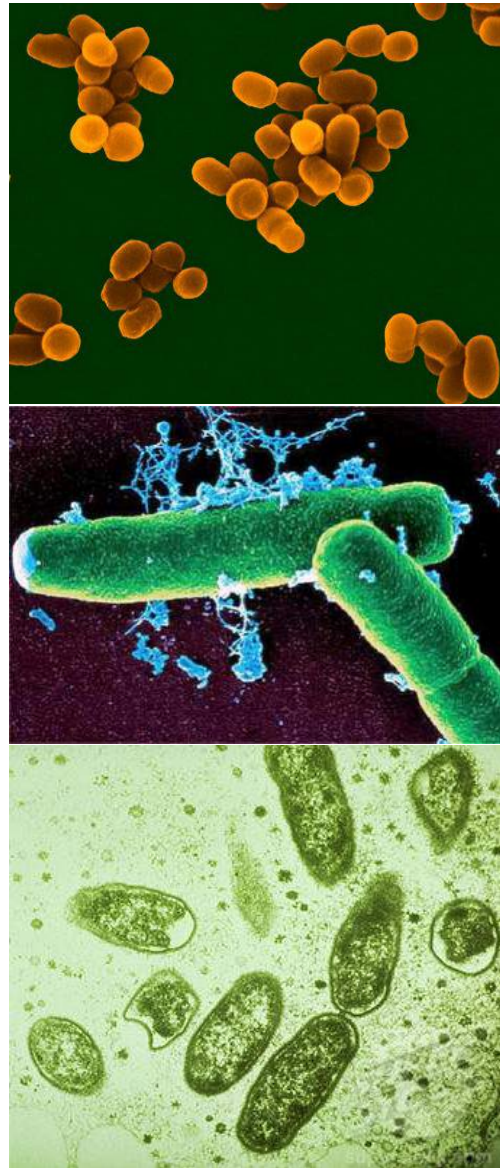
Rheumatic Fever adalah reaksi sistem imunisasi yang terjadi pada otot jantung; umumnya dirangsang oleh antigen yang dikeluarkan dengan

adanya kehadiran bakteri *Streptococcus pyogenes*. Gejala yang terjadi selanjutnya antara lain berupa sakit pada sendi (Rheumatoid Arthritis) atau sakit tenggorokan (Treptococcal Sore Throat).

Tularemia adalah penyakit yang disebabkan oleh *Francisella tularensis* (Gambar L.9.14) yang masuk ke tubuh manusia melalui kontak badan, melalui udara, gigitan caplak/serangga lain, atau memakan daging kelinci yang terinfeksi. Pasien akan mengalami infeksi darah, demam, dan ketidaknyamanan.

Plague adalah penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Yersinia pestis* (Gambar L.9.14) dan ditularkan oleh kutu tikus. Bakteri ini dapat menyerang getah bening (Bubonic Plague), darah (Septicemic Plague), atau paru-paru (Pneumonic Plague).

Brucellosis adalah penyakit yang diciri dengan demam yang naik-turun. Bakteri penyebabnya masuk dalam marga *Brucella* (termasuk di dalamnya *B. abortus, B. suis, B. melitensis* (Gambar L.9.15), dan *B. canis).* Penyakit ini menular melalui susu yang tidak dipasteurisasi dengan baik dan daging yang terkontaminasi. Begitu masuk ke aliran darah, bakteri ini menyebabkan demam, menggigil, dan rasa tidak nyaman.

Anthrax disebabkan oleh bakteri pembentuk spora *Bacillus anthracis* (Gambar L.9.15). Spora masuk ke tubuh melalui udara atau bersentuhan dengan alat atau tanah yang terkontaminasi bakteri dari hewan ternak. Dalam aliran darah, bakteri dapat

Gambar L.9.15
Brucella melitensis, Bacillus anthracis, dan Rickettsia rickettsii. (medstnews.blogspot.com; bacteriapictures.net; superstock.com)

menyebabkan terjadinya perdarahan (Hae-morrhaging) dan menyebabkan beberapa organ (seperti spleen dan kidney) dipenuhi darah. Bakteri juga dapat masuk ke paru-paru dan menyebabkan pneumonia.

Rocky Mountain Spotted Fever disebabkan oleh *Rickettsia rickettsii* (Gambar L.9.15). Bakteri yang sangat kecil ini (*submicroscopic bacterium*) ini ditularkan melalui gigitan caplak marga *Dermacentor*. Penyakitnya diciri dengan munculnya bercak-bercak merah di lengan dan kaki bagian atas yang menyebar ke bagian badan, disertai panas tinggi dan pusing.

Epidemic Typhus dipicu oleh *Rickettsia prowazekii,* yang ditularkan oleh gigitan kutu badan marga *Pediculus*. Organisme ini akan masuk ke pembuluh darah dan menyebabkan penyakit yang diciri dengan bercak-bercak merah di kulit bagian tubuh dan menyebar ke lengan dan kaki bagian atas. Demam yang diakibatkannya bisa sangat tinggi dan menyebabkan kematian.

Endemic Typhus disebut juga Murine Typhus, adalah penyakit darah yang menginfeksi manusia melalui perantaraan tikus dan kelompok hewan mengerat lainnya. Ia ditularkan melalui tungau tikus, dan disebabkan oleh *Rickettsia typhi*. Gejalanya sama dengan gejala pada Epidemic Typhus, namun kematian yang diakibatkannya jauh lebih rendah.

Beberapa penyakit lain yang disebabkan oleh *Rickettsia* adalah Rickettsialpox (disebabkan oleh *Rickettsia akari*), yang dikenal di kawasan Pasifik. Penyakit lainnya adalah Trench Fever (disebabkan oleh *Rochalimaea quintana*), Ehrlichiosis (disebabkan oleh *Ehrlichia canis*), dan Human Granulocytic Ehrlichiosis (HGE) yang juga disebabkan oleh jenis *Ehrlichia.* Jenis-jenis *Ehrlichia* disebarkan melalui gigitan caplak.

2. Virus

Yellow Fever adalah penyakit yang disebabkan oleh virus RNA dan menyerang darah dan ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Setelah virus masuk ke tubuh, mereka menyebar di saluran darah dan getah bening, dan tinggal dalam organ yang kaya akan darah, seperti hati. Kematian yang diakibatkan penyakit ini sangat tinggi.

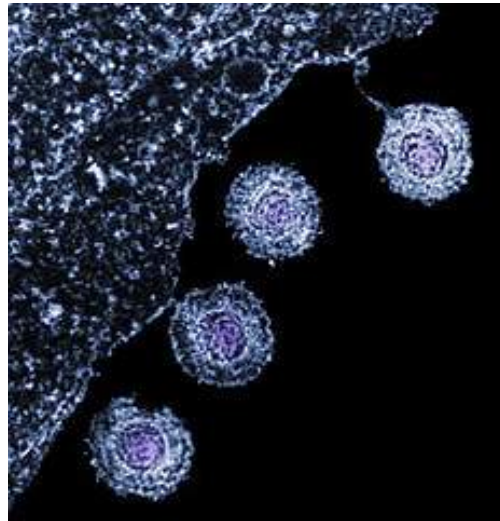
Penyakit Dengue Fever juga disebabkan oleh virus RNA dan ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Infeksi dapat mengarah pada terjadinya pendarahan pada organ-organ yang kaya darah.

Acquired Immunodeficiency Syndrome (AIDS) dikenali pada 1981 di AS. Infeksi virus Human Immunodeficiency Virus (HIV) berkaitan dengan

perusakan T-lymphocytes dari sistem imunitas. HIV adalah virus yang sangat lemah dan tidak tahan hidup lama di luar tubuh pasien. Virus ini kebanyakan ditularkan melalui transfusi darah dan melalui air mani. Penyakit ini dikaitkan dengan para pemakai obat bius karena sering menggunakan jarum suntik secara bersamaan, interaksi seksual yang tak wajar (berganti-ganti pasangan, heteroseksual, dan sejenisnya).

Saat seseorang terjangkit AIDS, beberapa infeksi (yang disebut *opportunistic infection*) akan muncul. Infeksi yang muncul antara lain dapat berupa Pneumonia yang disebabkan oleh *Pneumocystis carinii*, Encephalitis karena *Toxoplasma gondii*, infeksi mata dan kebutaan karena *cytomegalovirus*, Candidiasis pada usus karena *Candida albians*, Meningitis karena *Cryptococcus neoformans*, atau Herpex Simplex, Tuberculosis, atau kanker kulit yang dikenal dengan nama Sarcoma Kaposi.

Infectious Mononucleosis disebabkan oleh virus herpes yang diduga *Epstein-Barr virus*. Virus ini memiliki DNA dan memiliki selaput di sekitarnya sehingga dapat tetap hidup di dalam B-lymphocytes. Virus ini juga berkaitan dengan penyakit Epstein-Barr Virus Disease, atau dikenal dengan Chronic Fatigue Syndrome.

Human Herpes Virus 6 (Gambar L.9.16) diketahui dapat menyebabkan

Gambar L.9.16
Human Herpes Virus 6. (flickr.com)

penyakit ADHD (Attention Deficit Hyperactivity Disorder). Penyakit ini adalah mengakibatkan gangguan perkembangan motorik pada anak-anak. Akibatnya, aktivitas anak-anak menjadi tidak lazim dan cenderung berlebihan. Penderita sering mengeluh gelisah, tidak dapat diam dan tenang; menampakkan aktivitas yang berlebihan, sering meletup-letup, dan suka membuat keributan. Di samping itu, virus ini juga menjadi penyebab penyakit Chronic Fatigue Syndrome, ayan (Epilepsy), dan Multiple Sclerosis.

3. Spyrochaeta dan Protozoa

Relapsing Fever adalah demam dengan selang waktu tertentu. Penyebabnya adalah kelompok cacing renik spirochaeta dari jenis *Borrelia recur-*

rentis. Organisme ini ditularkan oleh kutu rambut, yang merupakan parasit tradisional manusia. Caplak juga dapat menjadi inang antara. Penyakit ini dapat diciri dari bercak-bercak merah pada kulit.

Lyme Disease disebabkan oleh spirochaeta *Borrelia burgdorferi.* Penyakit ini ditularkan melalu caplak marga *Ixodes*. Ciri yang mudah dilihat adalah kulit yang berwarna merah di sekitar tempat gigitan caplak. Setelah bengkak dan warna memudar, demam dan gejala lainnya mengikuti. Jantung juga terdampak sehingga berdetak tidak teratur. Beberapa bulan kemudian, pasien dapat memperlihatkan arthritis di bagian sendi-sendi utama (seperti paha, lutut, siku lengan, dan engkel).

Toxoplasmosis adalah penyakit yang disebabkan oleh protozoa *Toxoplasma gondii*. Inangnya adalah kucing peliharaan, terutama saat bersentuhan dengan air kencing dan kotorannya. Di dalam tubuh manusia, organisme berkembang di dalam darah. Infeksi toksoplasma pada pasien yang sedang hamil akan berpotensi merusak janin. Adapun infeksi pada penderita AIDS akan menyerang otak, dan dapat menyebabkan kematian.

Malaria adalah penyakit darah yang disebabkan oleh beberapa jenis protozoa marga *Plasmodium* (Gambar L.9.17). Malaria disebarkan oleh nyamuk dari marga *Anopheles*. Di dalam darah, protozoa ini akan berkembang biak dan mengalami beberapa perubahan bentuk dalam siklus hidupnya dan menyebabkan rusaknya sel darah merah.

Gambar L.9.17
Protozoa Plasmodium penyebab Malaria, dan telur cacing renik Schistosoma mansoni.
(biologibatik1.wordpress.com; path.cam.ac.uk)

Schistosomiasis disebabkan oleh cacing renik *Schistosoma mansoni* (Gambar L.9.17) dan beberapa jenis lainnya. Di perairan dangkal, cacing ini hidup di dalam tubuh keong air tawar. Ia masuk ke tubuh manusia me-

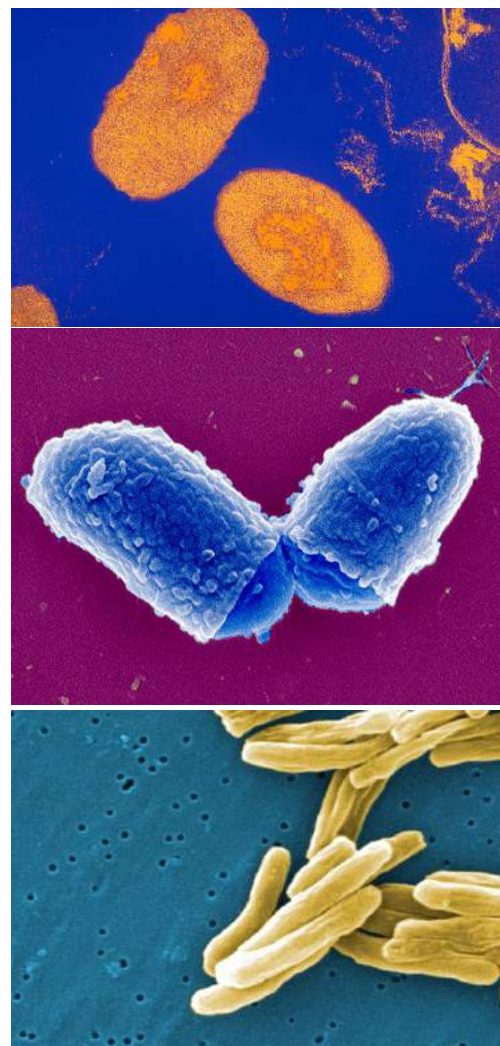
lalui kulit saat seseorang masuk di lingkungan hidup cacing renik ini. Cacing renik ini hidup dan berkembang biak di saluran darah. Kehadirannya mengganggu aliran darah dan getah bening serta merusak otot di sekitar daerah hidupnya.

E. PENYAKIT PADA SALURAN PERNAPASAN

Penyakit pada saluran pernapasan oleh jasad renik dapat terjadi di saluran bagian atas (hidung, tenggorokan, bagian tengah telinga, sinus, dan lainnya). Walaupun banyak mekanisme pencegahannya, di antaranya kehadiran cilia (rambut-rambut halus), membran berupa lendir, dan lainnya, namun infeksi masih sering terjadi di bagian ini. Demikian pula kejadiannya di saluran bagian bawah (seperti saluran pernapasan dan alveoli pada paru-paru). Infeksi antara lain disebabkan oleh kelembapan yang terlalu tinggi.

1. Bakteri

Strep Throat adalah sakit pada bagian tenggorokan disebabkan oleh bakteri *Streptococcus pyogenes* (Gambar L.9.1). Organisme ini hidup dalam kapsul dan mengeluarkan produk streptokinase. Produk ini merusak bagian luar otot, dan memungkinkannya untuk berpindah dari satu ke lain kumpulan otot. Aktivitas organisme ini menjadikan membengkaknya kelenjar getah bening dan amandel.

Scarlet Fever juga disebabkan oleh bakteri *Streptococcus pyogenes*, Penyebab penyakit adalah produk racun yang bersifat erythrogenic yang

Gambar L.9.18
Bakteri Bordetella pertussis, Corynebacterium diphtheria, dan Mycobacterium tuberculosis. (flickr.com; waterscan.rs; news-medical.ne)

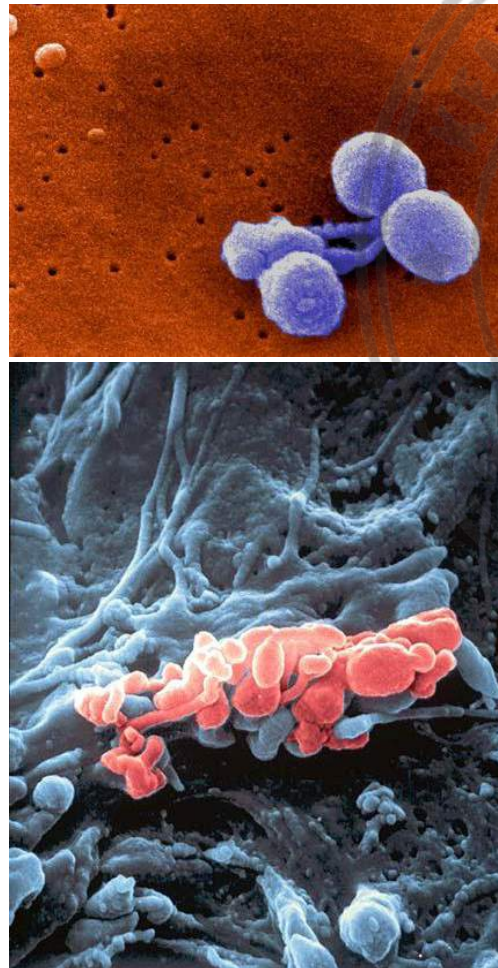
menyebabkan penderita mengalami panas tinggi, otot tenggorokan terbakar, serta lidah memerah.

Pertussis adalah penyakit batuk yang disertai suara mendecit (yang disebabkan oleh aliran udara secara cepat dari luar setelah paru-paru mengempis). Penyakit ini disebabkan bakteri *Bordetella pertussis* (Gambar L.9.18). Organisme ini disebarkan melalui udara dan berkembang di tenggorokan dan trachea di paru-paru.

Diphtheria disebabkan oleh bakteri *Corynebacterium diphtheria* (Gambar L.9.18). Penyakit ini ditandai oleh sakit tenggorokan, leher membengkak, dan terhalangnya saluran pernapasan karena terakumulasinya lendir. Lendir ini timbul akibat racun exotoxin yang diproduksi oleh bakteri, dan merusak sel-sel permukaan saluran pernapasan.

Tuberculosis disebabkan bakteri *Mycobacterium tuberculosis* (Gambar L.9.18). Bakteri ini menginfeksi otot paru-paru. Kehadirannya disertai dengan pembentukan *tubercle* (bentukan bulat) di otot paru-paru. Kadang-kadang *tubercle* ini terus membesar dan pecah, dan mengalirkan bakteri ke bagian tubuh lainnya.

Pneumococcal Pneumonia adalah penyakit yang disebabkan oleh *Streptococcus pneumonia* (Gambar L. 9.19). Bakteri menyerang otot paru-paru yang disertai demam tinggi, serta mengotori paru-paru yang berisi udara dengan bakteri, cairan, dan kotoran, dan sakit di bagian dada.

Mycoplasmal Pneumonia disebabkan oleh *Mycoplasma pneumonia* (Gambar L.9.19). Bakteri ini memiliki ukuran sangat kecil (0,15 μm), disebut sebagai *submicroscopic bacteria*, yang tidak memiliki dinding sel.

Gambar L.9.19
Bakteri Streptococcus pneumonia dan Mycoplasma pneumonia. (microbewiki.kenyon.edu; visualphotos.com)

Chlamydial Pneumonia adalah jenis pneumonia yang disebabkan oleh *Chlamydia pneumoniae*. Infeksi yang diakibatkannya sama dengan sakit influenza.

Psittacosis disebabkan oleh bakteri *Chlamydia psittaci*. Ukuran bakteri ini sangat kecil (0.25 µm), tidak dapat dilihat melalui mikroskop biasa. Penyakit ini juga terdapat pada burung-burung paruh bengkok, seperti kakatua, parkit, dan sejenisnya. Apabila bakteri berpindah ke manusia, pasien akan menderita demam tinggi, sakit kepala, dan paru-paru mengecil.

Penyakit Legionellosis pertama kali dikenali pada 1976, disebabkan bakteri *Legionella pneumophila* (Gambar L.9.20). Penyakit ini ditandai dengan demam tinggi dan pneumonia.

Q fever adalah demam yang disebabkan oleh bakteri rickketsia *Coxiella burnetii*. Rickketsia ditularkan dengan perantaraan udara atau caplak dari produk makanan dan minuman yang tidak higienis

Gambar L.9.20
Bakteri Legionella pneumophila. (waterscan.rs)

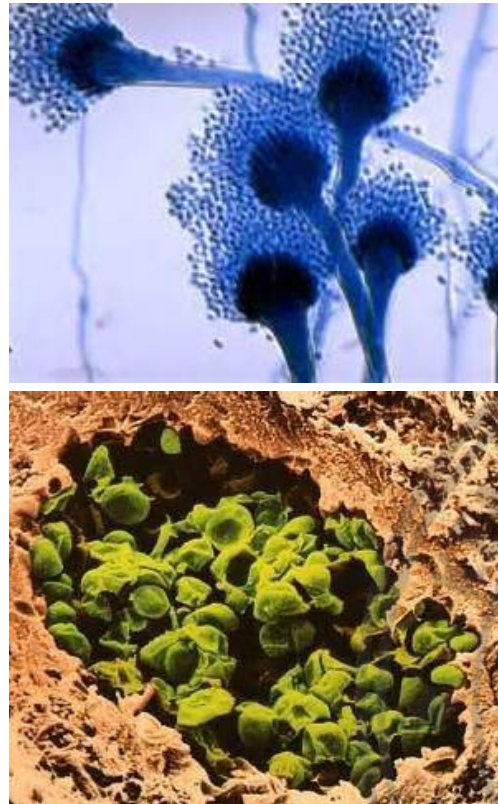
2. Jamur renik dan Protozoa

Histoplasmosis adalah penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh jamur renik kelompok khamir (*yeast*) *Histoplasma capsulatum* (Gambar L.9.21). Di dalam tubuh pasien, infeksi yang diakibatkannya mirip dengan tuberculosis. Dalam kasus tertentu, ia dapat menyebar ke organ tubuh lainnya. Dalam banyak kasus, penyakit ini diasosiasikan dengan kotoran burung dan kelelawar.

Blastomycosis disebabkan oleh khamir *Blastomyces dermatitidis* (Gambar L.9.21). Penyakit ini hanya ditemukan di lembah Mississippi dan disebarkan melalui debu di udara. Penyakit ini mirip tuberculosis. Kemungkinan penyakit ini untuk menyebar ke organ lain sangat besar.

Coccidioidomycosis adalah penyakit yang disebabkan oleh jamur renik *Coccidioides immitis* (Gambar L.9.21) yang ditemukan di bagian barat laut Amerika Serikat. Ia ditularkan melalui debu yang terbawa angin. Gejalanya termasuk demam, batuk, dan perasaan tidak nyaman.

Aspergillosis adalah penyakit yang disebabkan oleh jamur renik *As-*

Gambar L.9.21
Jamur renik Histoplasma capsulatum, Blastomyces dermatitidis, dan Coccidioides immitis. (bioweb.uwlax.edu; thunderhouse4-yuri.blogspot; en.wikipedia.org)

Gambar L.9.22
Jamur renik Aspergillus fumigatus dan Pneumocystis carinii. (pfdb.net; pforster.ch)

pergillus fumigatus (Gambar L.9.22). Jamur ini tumbuh berkembang pada otot paru-paru, dan membentuk *mycelium* yang menggumpal berbentuk bola. Gumpalan *mycelium* ini menghalangi saluran pernapasan. Operasi tak jarang harus dilakukan untuk mengambil gumpalan *mycelium* tersebut.

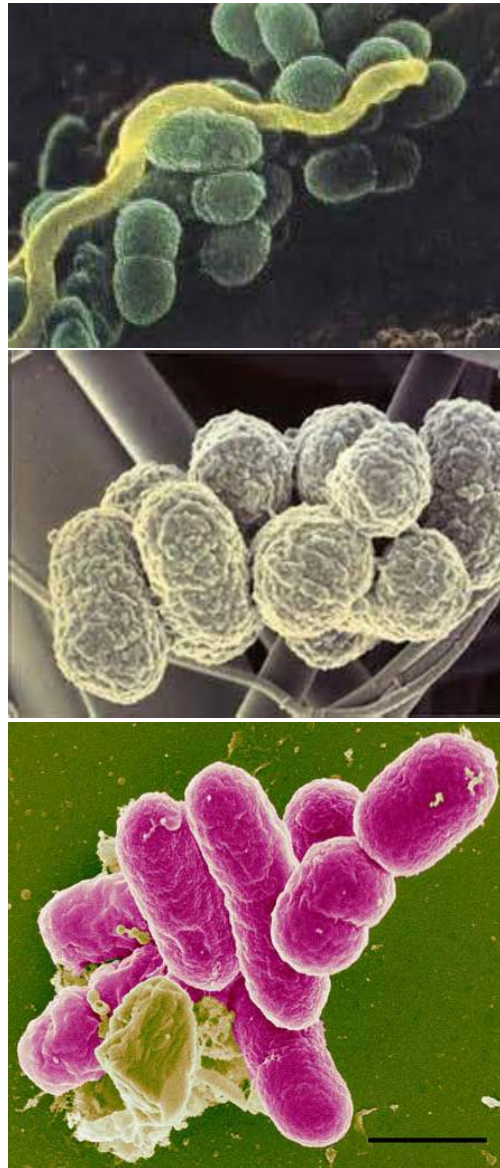
Pneumocystis Pneumonia adalah pneumonia yang disebabkan oleh protozoa *Pneumocystis carinii* (Gambar L.9.22). Walau organisme ini biasa dikenal sebaga protozoa, namun dari kandungan kimianya mungkin masuk ke kelompok jamur. Penyakit ini berkaitan dengan penderita AIDS. Organisme hidup di otot paru-paru, dan seringkali mengakibatkan kematian (separuh kematian pasien AIDS tercatat disebabkan oleh infeksi sekunder ini). Sebetulnya, organisme ini dapat ditemui di paru-paru semua individu.

Namun, mereka tidak kemudian menginfeksi otot, kecuali sistem imun seseorang sedang mendapat gangguan.

F. PENYAKIT PADA SALURAN PENCERNAAN

Saluran pencernaan terdiri atas mulut, tenggorokan, lambung, usus, serta beberapa struktur dan kelenjar yang berkaitan dengan sistem pencernaan, seperti gigi, kelenjar ludah, hati, dan pankreas. Organ-organ ini mengonsumsi bahan makanan, mencerna, menyerap nutrien, dan membuang sisa bahan yang tidak diserap.

1. Bakteri

Dental Caries atau pembusukan gigi adalah masalah yang disebabkan oleh jasad renik. Kasus yang terjadi umumnya disebabkan oleh *Streptococcus mutans* (Gambar L.9.23), yang melekat pada bagian enamel gigi dan memproduksi glucan (suatu kumpulan dari molekul glukose). Bersama-sama dengan dengan beberapa jenis bakteri dan kotoran lainnya, glucan akan membentuk plak pada gigi. Bakteri yang ada lalu melakukan fermentasi terhadap karbohidrat dan menghasilkan berbagai asam (a.l. asam laktat, asam asetat, asam butirat, dan asam-asam lainnya) yang akan merusak enamel gigi.

Gambar L.9.23
Bakteri Streptococcus mutans, Bacteroides gingivalis, Shigella flexnarii. (solucoesemodontologia.com; microscopicpictures.com; waterscan.rs)

Periodontal Disease menyebabkan terjadinya kerusakan pada otot-otot yang menunjang gigi. Beberapa jenis jasad renik yang banyak berperan merusak otot-otot geraham adalah

bakteri anaerob *Bacteroides gingivalis* (Gambar L.9.23). Spirochaeta jenis *Treponema* juga turut berperan besar dalam penyakit ini.

Shigellosis atau dikenal juga dengan Bacillary Dysentery disebabkan oleh empat jenis bakteri *Shigella*, yaitu *S. dysenteriae, S. boydii, S. sonnei, dan S. flexneri* (Gambar L.9.23) yang menghasilkan racun kuat dan mengakibatkan sakit perut dan diare. Bahaya dari keadaan demikian ini adalah dehidrasi. Penyakit ini seringkali berjangkit di antara anak-anak. Adapun infeksinya masuk melalui mulut.

Salmonellosis merupakan sebutan beberapa penyakit yang ditularkan melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi *Salmonella* (terutama *S. enteriditis* dan *S. choleraesuis*). Pasien akan menderita diare disertai demam, dan kram perut. Telur dan daging ayam sering menjadi media penularan karena *Salmonella* hidup pada unggas.

Typhoid Fever disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi* (Gambar L.9. 24). Ia ditularkan dari makanan dan air yang terkontaminasi. Kotoran dari penderita menjadi sumber penularan. Pasien akan diserang demam tinggi, mengigau, cepat lelah, bingung, dan kematian tanpa pengobatan antibiotik dengan dosis cukup tinggi.

Cholera disebabkan oleh *Vibrio cholera* (Gambar L.9.24), suatu penya-

Gambar L.9.24
Bakteri Salmonella typhi, Vibrio cholera, dan Campylobacter jejuni. (idibam.blogspot.com; remf. dartmouth.edu; dc430.4shared.com)

kit yang terutama terjadi apabila sumber air terkontaminasi. Penyakit ini diciri dari diarea yang massif, dan dehidrasi merupakan bahaya utama akibat penyakit ini.

Infeksi *Escherichia coli* terjadi karena racun yang dihasilkannya. Bakteri ini sebenarnya tidak mengganggu, namun ada strain yang dapat menghasilkan racun dan kemampuan untuk menyisip dan menginfeksi otot.

Campylobacteriosis adalah penyakit yang disebabkan oleh *Campylobacter jejuni* yang ditularkan melalui konsumsi susu yang terkontaminasi. Demam, sakit pada bagian tengah badan, dan diare yang disertai darah, merupakan ciri dari penyakit ini.

Gastric Ulcers adalah penyakit yang disebabkan oleh *Helicobacter pylori*. Organisme yang hidup di saluran pencernaan ini memiliki kecenderungan menaikkan pH menjadi sangat asam karena enzim yang dihasilkannya mengubah urea menjadi amonia.

Keracunan makanan Staphylococcal disebabkan oleh *Staphylococcus aureus* yang mengeluarkan racun enterotoksin pada makanan yang membusuk. Orang yang memakannya akan mengalami gangguan pencernaan dan menampakkan gejala muntah, diare, dan kram perut.

Keracunan makanan Clostridium disebabkan oleh bakteri *Clostridium perfringens*, yang meracuni daging. Mereka yang mengonsumsinya akan menderita diare tingkat sedang. Jenis *Clostridium* lainnya, *C. botulinum*, juga meracuni bahan makanan, namun jenis yang terakhir ini tidak menyerang saluran makanan, tetapi lebih pada sistem saraf

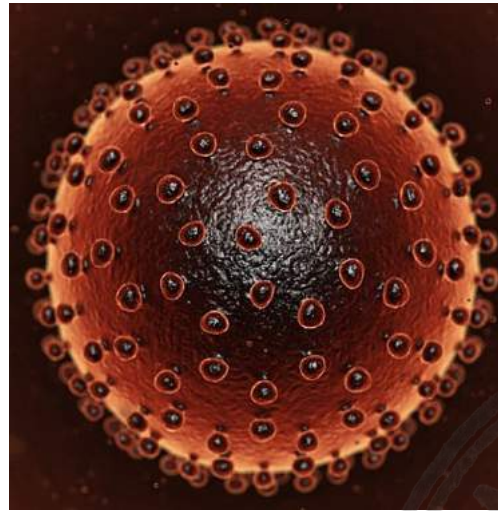
Leptospirosis adalah penyakit yang menyerang hewan (seperti anjing) dan juga manusia. Ia disebabkan oleh bakteri *Leptospira interrogans* yang menyerang organ hati dan ginjal. Manusia terinfeksi karena kontak dengan kencing hewan, dan bakteri ini masuk melalui kulit.

Penyakit lain saluran pencernaan oleh bakteri adalah penyakit yang disebabkan oleh *Vibrio parahaemolyticus* yang menginfeksi ikan. Manusia yang makan ikan yang terinfeksi akan menderita diare yang parah. Demam, kram perut, dan muntah juga menyertai diare ini. Penyakit perut lainnya disebabkan oleh *Yersinia enterocolitica* yang memproduksi racun enterotoksin. Organisme ini berkaitan dengan bahan makanan yang membusuk (khususnya susu dan produknya), terutama yang disimpan pada lemari pendingin. *Bacillus cereus* dikenal menimbulkan infeksi perut karena sporanya yang menghasilkan racun tetap dapat bertahan hidup meski bahan makanan yang terkontaminasi telah dimasak.

2. Virus

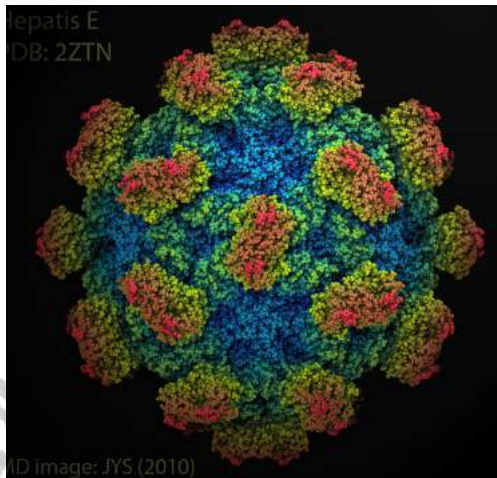
Mumps adalah penyakit yang disebabkan virus RNA. Ia ditularkan melalui air ludah, dan berkembang di saluran pencernaan. Kehadirannya dapat menyebabkan pembengkakan kelenjar parotik yang terletak di bawah telinga, dekat pangkal rahang. Akibatnya juga dapat menyebar ke organ lain, seperti buah zakar pada pria dewasa (dikenal dengan penyakit Orchitis).

Hepatitis A (yang juga dikenal dengan nama penyakit Infectious Hepatitis) disebabkan oleh virus RNA dari keluarga *Picornaviridae*. Ia ditularkan melalui udara, sentuhan, dan seringkali melalui makanan yang membusuk. Penyakit ini mempengaruhi organ hati. Penderita akan merasa tidak nyaman, muntah, air seninya berwarna gelap, kulit dan bola matanya kekuningan. Virus ini sangat kuat dan dapat hidup di luar tubuh manusia.

Hepatitis B (yang juga dikenal dengan penyakit Serum Hepatitis) disebabkan oleh virus DNA dari keluarga *Hepadnaviridae*. Virusnya sangat rentan, dan ditularkan melalui darah atau air mani. Penyakit ini menyerang hati, dan seringkali menyebabkan gagal hati. Gejalanya sama dengan Hepatitis A, namun cenderung lebih parah. Penyakit Hepatitis B yang berkepanjangan dapat berakhir pada kanker hati (Hepatocarcinoma).

Gambar L.9.25
Virus Hepatitis B. (turbosquid.com)

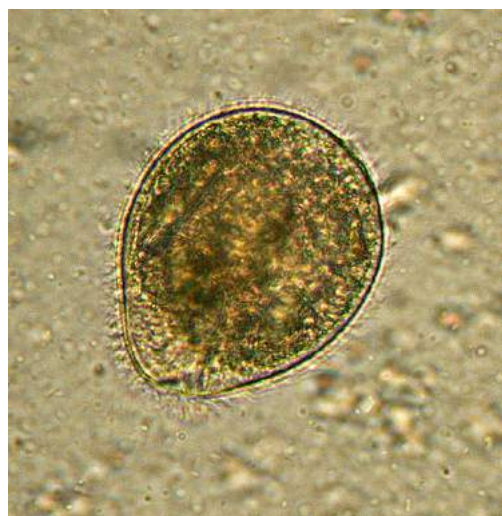
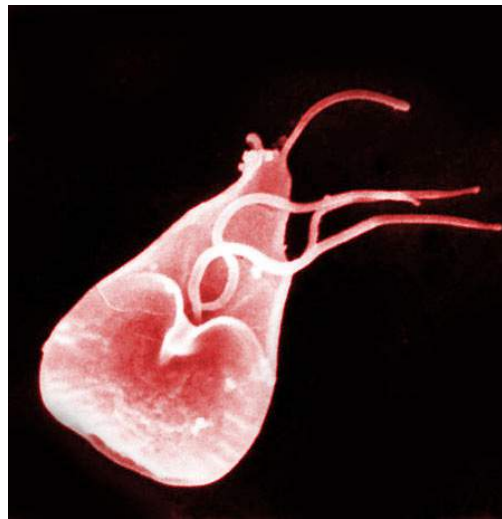
Bentuk lain penyakit hepatitis, di antaranya Hepatitis C, yang disebabkan oleh virus RNA. Penularan melalui darah dan air mani. Banyak kasus penularan disebabkan oleh transfusi darah yang kurang higienis.

Penyakit lain adalah Delta Hepatitis (atau disebut juga Hepatitis D) yang berkaitan dengan antigen yang disebut Delta Antigen, suatu bagian dari virus RNA yang disebut virus Delta. Penyakit Delta Hepatitis berkait erat dengan Hepatitis B karena replikasi Delta Antigen sangat bergantung pada kehadiran virus Hepatitis B.

Hepatitis E (Gambar L.9.26) mulai banyak dibicarakan orang. Virus yang bertanggung jawab atas penyakit ini adalah virus RNA. Beberapa kasus muncul di India dan beberapa negara lain di Asia dan Afrika.

Gambar L.9.26
Virus Hepatitis Hepatitis E. (virology.wisc.edu)

Viral Gastroenteritis adalah ekspresi umum untuk infeksi usus yang disebabkan oleh virus. Penyebab utamanya adalah virus yang disebut *Rotavirus*, yang menular melalui sentuhan dan melalui mulut. Diare yang parah dapat menyebabkan dehidrasi pasien. Penyebab sakit ini juga dapat dilakukan oleh organisme yang disebut Norwalk Agent (mungkin virus, namun belum dipastikan). Virus lain penyebab infeksi ussu adalah Coxsackie Virus dan Echovirus, keduanya adalah virus RNA.

3. Protozoa

Amoebic Dysentery disebabkan oleh amoeba *Entamoeba histolytica* (Gambar L.9.27). Protozoa ini, di alam ditemukan dalam bentuk *cyst*. *Cyst* ini ditularkan ke manusia melalui makanan dan air yang terkontaminasi. Di dalam tubuh, amoeba ini berubah jadi

Gambar L.9.27
Protozoa dari kelompok Amoeba Entamoeba histolytica, dari kelompok Flagellata Giardia lamblia, dan kelompok Ciliata Balantidium coli. (visualsunlimited.photoshelter.com; flickr.com; en.wikipedia.org)

trophozoites dan menginvasi saluran pencernaan untuk mencari makan. Setelah itu, mereka berubah bentuk dan pindah ke saluran darah. Mengikuti aliran darah, mereka menginfeksi organ lain seperti hati dan paru-paru.

Giardiasis adalah penyakit protozoa yang disebabkan flagellate *Giardia lamblia* (Gambar L.9.27). Organisme ini masuk ke tubuh manusia dalam bentuk *cyst* melalui makanan dan air yang terkontaminasi. Di dalam usus, bentuk *cyst* berubah menjadi *trophozoites* dan menempel di dinding usus. Bau kotoran yang menyengat menandakan terjadinya infeksi, dilanjutkan dengan sakit perut dan diare. Air sungai umumnya mengandung *cyst* dari protozoa ini yang berasal dari hewan liar.

Balantidiasis adalah penyakit protozoa yang disebabkan oleh ciliata *Balantidium coli* (Gambar L.9.27). Ia masuk ke tubuh manusia melalui *cyst*, dan bentuk *trophozoites* dimulai saat masuk ke usus. Kadang kala organisme ini masuk ke otot. Diare disertai darah menjadi ciri utama infeksi ini. Gejala seperti ini akan berlangsung dalam waktu cukup panjang.

Cryptosporidiosis disebabkan oleh protozoa jenis *Cryptosporidium,* seperti *C. parvum* dan *C. coccidi.* Organisme ini menginvasi dan melukai permukaan usus dan menyebabkan sakit perut dan diare disertai cairan. Gejala akan lebih parah bila pasien juga mengidap AIDS. Diduga media penyebarnya adalah air yang terkontaminasi.

G. PENYAKIT PADA SISTEM REPRODUKSI DAN SALURAN KENCING

Sistem reproduksi dan saluran kencing laki-laki maupun wanita terbuka dan berhubungan langsung dengan alam terbuka. Dengan demikian, organ reproduksi sangat mudah terinfeksi oleh organisme patogen. Penyakit yang diakibatkannya kemudian akan dapat menyebar jauh ke dalam organ lainnya di tubuh manusia.

Gonorrhea adalah penyakit kelamin yang umum ditemui; disebabkan oleh bakteri *Neisseria gonorrhoeae.* Organisme ini ditemui menempel pada permukaan saluran kencing laki-laki maupun wanita. Penularan terjadi saat dilakukan persetubuhan. Pada laki-laki, gejalanya jauh lebih parah daripada wanita, dengan rasa sakit serta bahan buangan yang berwarna keputihan saat buang air kecil. Komplikasi dapat terjadi di organ lain. Pada pasien wanita, misalnya, tuba fallopi (salah satu organ reproduksi wanita) akan tersumbat oleh otot yang tercabik-cabik akibat luka, sehingga jalan sel telur terhalang dan terjadilah kemandulan. Hal yang sama terjadi pada organ

Epididymis dan Vas Degeerens. Banyak penderita wanita yang mengidap PID (Pelvic Inflammantory Disease), yaitu infeksi pada uterus, serviks, dan ovarium. Infeksi dapat menyebar ke usus, tenggorokan, bahkan sendi-sendi. Bayi dapat tertular *Neisseria gonorrheae* saat proses kelahiran. Organ yang terkena terutama mata, dan disebut penyakit Gonococcal Ophthalmia.

Chlamydia (dikenal juga sebagai Non-gonococcal Urethritis) adalah penyakit yang mirip infeksi Gonorrhea, yang disebabkan oleh *Chlamydia trachomatis.* Simtom penyakit ini adalah sakit saat buang air kecil, buang air kecil dengan frekuensi tinggi, dan buang kotoran cair. Beberapa akibat, seperti penyakit mata pada bayi baru lahir, atau kemandulan, dapat ditemui bila penyakit ini diidap berkepanjangan.

Mycoplasmal Urethritis disebabkan oleh *Mycoplasma hominis*, sedangkan Ureaplasmal Urethritis disebabkan oleh *Ureaplasma urealyticum.* Kedua organisme ini menginfeksi saluran air seni (uretra), dengan gejala yang sama dengan Gonorrhea dan Chlamydia.

Syphilis adalah penyakit kelamin yang sudah dikenal sejak berabad-abad yang lalu. Penyebabnya adalah *Treponema pallidum.* Ia ditularkan oleh kontak seksual. Ada tiga tingkatan dalam ciri penyakit ini. Tingkat pertama diciri oleh terjadinya *chanre* (benjolan keras, kering, dan pegal di tempat infeksi). Tingkat kedua dimulai beberapa minggu usai tahap *chanre* menghilang. Penderita terkena semacam influenza pada saluran pernapasan, demam, kulit mengering, dan rambut rontok. Tingkat ketiga diciri oleh terganggunya sistem kardiovaskular dan saraf. Pada kasus ekstrem, kelumpuhan dan penurunan kemampuan mental dapat terjadi. Pengobatan pada tingkat ini jarang berhasil.

Penyakit dengan nama Congenital Syphilis dapat terjadi apabila *spirochaeta* masuk ke dalam janin bayi pada ibu hamil.

Chancroid adalah infeksi dari saluran reproduksi yang disebabkan oleh *Haemophilus ducreyi*. Penyakitnya ditandai dengan bengkak dan rasa sakit dari *ulcer* pada organ kelamin, serta infeksi pada kelenjar. Penularan terjadi dengan adanya persetubuhan.

Penyakit Vaginitis pada vagina disebabkan oleh bakteri oportunis, seperti *Gardenella vaginalis* dan *Streptococcus agalictae*. Dalam keadaan ekosistem vagina yang seimbang, yakni suasana lingkungan yang asam, bakteri oportunis seperti kedua jenis ini tidak akan mengganggu. Akan tetapi, apabila keseimbangan lingkungan terganggu, misalnya bila tingkat keasaman vagina menurun, vagina akan rentan mengalami infeksi bakteri. []

LAMPIRAN 10
JASAD YANG TIDAK MEMBUSUK PASCA-KEMATIAN

A. INFORMASI DALAM AL-QUR'AN DAN HADIS

Dalam hadis dinyatakan bahwa Allah memberi kepada para nabi kekhususan berupa tidak hancurnya jasad mereka hingga hari Kiamat. Di antara hadis yang menjelaskan hal tersebut adalah,

إِنَّ مِنْ أَفْضَلِ أَيَّامِكُمْ يَوْمَ الْجُمُعَةِ، فِيْهِ خُلِقَ آدَمُ، وَفِيْهِ قُبِضَ، وَفِيْهِ النَّفْخَةُ، وَفِيْهِ الصَّعْقَةُ، فَأَكْثِرُوْا عَلَيَّ مِنَ الصَّلَاةِ فِيْهِ، فَإِنَّ صَلَاتَكُمْ مَعْرُوْضَةٌ عَلَيَّ. قَالَ: قَالُوْا: يَا رَسُوْلَ اللهِ، وَكَيْفَ تُعْرَضُ صَلَاتُنَا عَلَيْكَ وَقَدْ أَرِمْتَ –يَقُوْلُوْنَ: بَلِيْتَ؟– فَقَالَ: إِنَّ اللهَ عَزَّ وَجَلَّ حَرَّمَ عَلَى الْأَرْضِ أَجْسَادَ الْأَنْبِيَاءِ صَلَوَاتُ اللهِ عَلَيْهِمْ. (رواه أحمد وأبو داود والنسائي وابن ماجه عن أوس بن أوس)

"Sesungguhnya di antara hari yang paling mulia adalah hari Jumat. Pada hari itu Adam diciptakan; padanya ia diwafatkan; padanya sangkakala (kiamat) ditiup; dan padanya seluruh makhluk diwafatkan. Karena itu, perbanyaklah bersalawat kepadaku pada hari itu, karena salawat kalian akan dihaturkan kepadaku." Para sahabat bertanya, "Wahai Rasulullah, bagaimana salawat kami dihaturkan kepadamu, padahal engkau telah lenyap atau hancur?" Beliau menjawab, "Sesungguhnya Allah telah mengharamkan bumi untuk memakan jasad para Nabi 'alaihimussalam." (Riwayat Aḥmad, Abū Dāwūd, an-Nasā'iy, dan Ibnu Mājah dari Aus bin Aus)

Apakah kekhususan itu juga berlaku pada manusia pada umumnya?

Mungkin jawabannya adalah tidak, karena tidak ada dalil yang menyebutkan demikian. Hanya satu bagian kecil dari tubuh manusia yang disisakan, yang itu akan beperan besar pada saat kebangkitan mereka dari kubur. Rasulullah bersabda,

كُلُّ ابْنِ آدَمَ يَأْكُلُهُ التُّرَابُ إِلَّا عَجْبَ الذَّنَبِ، مِنْهُ خُلِقَ وَفِيْهِ يُرَكَّبُ. (رواه مسلم عن أبي هريرة)

Semua (jasad) anak Adam akan dimakan tanah, kecuali tulang ekornya. Darinya ia diciptakan, dan padanya ia kelak disusun kembali. (Riwayat Muslim dari Abū Hurairah)

Meski demikian, ada sejumlah riwayat yang menjelaskan bahwa beberapa jasad syuhada masih utuh, paling tidak setelah beberapa saat dikuburkan. Riwayat itu di antaranya,

لَمَّا حَضَرَ أُحُدٌ دَعَانِيْ أَبِيْ مِنَ اللَّيْلِ، فَقَالَ: مَا أُرَانِيْ إِلَّا مَقْتُوْلًا فِيْ أَوَّلِ مَنْ يُقْتَلُ مِنْ أَصْحَابِ النَّبِيِّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، وَإِنِّيْ لَا أَتْرُكُ بَعْدِيْ أَعَزَّ عَلَيَّ مِنْكَ، غَيْرَ نَفْسِ رَسُوْلِ اللهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، فَإِنَّ عَلَيَّ دَيْنًا فَاقْضِ، وَاسْتَوْصِ بِأَخَوَاتِكَ خَيْرًا! فَأَصْبَحْنَا، فَكَانَ أَوَّلَ قَتِيْلٍ، وَدُفِنَ مَعَهُ آخَرُ فِيْ قَبْرٍ، ثُمَّ لَمْ تَطِبْ نَفْسِيْ أَنْ أَتْرُكَهُ مَعَ الْآخَرِ، فَاسْتَخْرَجْتُهُ بَعْدَ سِتَّةِ أَشْهُرٍ، فَإِذَا هُوَ كَيَوْمَ وَضَعْتُهُ هُنَيَّةً غَيْرَ أُذُنِهِ. (رواه البخاري عن جابر)

"Pada Perang Uhud, ayah memanggilku di waktu malam dan berpesan, 'Aku bermimpi diriku menjadi orang yang pertama terbunuh bersama orang-orang yang terbunuh pertama kali dari kalangan sahabat Nabi. Sungguh, aku tidak meninggalkan sesuatu yang lebih berharga bagiku daripada kamu, selain diri Rasulullah. Sungguh, aku mempunyai utang, lunasilah hutangku itu. Berilah nasihat kebaikan kepada saudara-saudaramu.' Pada pagi harinya aku dapati ayahku orang yang pertama kali terbunuh. Ia lalu dikuburkan dalam satu liang lahat bersama seorang sahabat lain yang juga meninggal. Lama kelamaan hatiku merasa tidak nyaman meninggalkan jasad ayahku terkubur bersama orang lain. Aku lalu mengeluarkannya dari kubur enam bulan kemudian. Nyatanya, aku dapati keadaannya masih seperti ketika aku meletakkanya di kubur tersebut. Tidak ada yang berubah, kecuali sesuatu pada telinganya." (Riwayat al-Bukhāriy dari Jābir)

لَمَّا سَقَطَ عَلَيْهِمُ الْحَائِطُ فِيْ زَمَانِ الْوَلِيْدِ بْنِ عَبْدِ الْمَلِكِ، أَخَذُوْا فِيْ بِنَائِهِ، فَبَدَتْ لَهُمْ قَدَمٌ، فَفَزِعُوْا وَظَنُّوْا أَنَّهَا قَدَمُ النَّبِيِّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، فَمَا وَجَدُوْا أَحَدًا يَعْلَمُ ذَلِكَ حَتَّى قَالَ لَهُمْ عُرْوَةُ: لَا وَاللهِ، مَا هِيَ قَدَمُ النَّبِيِّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، مَا هِيَ إِلَّا قَدَمُ عُمَرَ رَضِيَ اللهُ عَنْهُ. (رواه البخاري عن عروة)

Ketika tembok (kamar ‘Ā’isyah*) roboh pada masa kekhilafahan al-Walīd bin ‘Abdul Malik, orang-orang pun berupaya membangunnya kembali. Tiba-tiba tampaklah oleh mereka sebuah kaki. Mereka amat terkejut dan menyangka itu adalah kaki Nabi. Mereka tidak mendapati seorang pun yang dapat menjelaskan kaki siapakah itu, hingga ‘Urwah berkata kepada mereka, “Tidak, demi Allah. Itu bukanlah kaki Nabi. Itu adalah kaki ‘Umar.”* (Riwayat al-Bukhāriy dari ‘Urwah)

Bilamana ada sebagian jasad manusia yang tetap utuh secara alami, yang hal itu secara sains sulit dijelaskan, maka sesungguhnya itu merupakan kehendak Allah; kehendak yang tidak akan bisa dihalangi oleh siapa pun. Allah berfirman,

فَعَّالٌ لِّمَا يُرِيْدُۗ ۝١٦

Mahakuasa berbuat apa yang Dia kehendaki. (al-Burūj/85: 16)

Pernyataan ayat di atas diimplementasikan dalam ayat-ayat lain, yang bertujuan agar dipahami oleh manusia yang percaya. Salah satunya adalah firman Allah tentang Firaun berikut.

وَجٰوَزْنَا بِبَنِيْٓ اِسْرَاۤءِيْلَ الْبَحْرَ فَاَتْبَعَهُمْ فِرْعَوْنُ وَجُنُوْدُهٗ بَغْيًا وَّعَدْوًاۗ حَتّٰٓى اِذَآ اَدْرَكَهُ الْغَرَقُ قَالَ اٰمَنْتُ اَنَّهٗ لَآ اِلٰهَ اِلَّا الَّذِيْٓ اٰمَنَتْ بِهٖ بَنُوْٓا اِسْرَاۤءِيْلَ وَاَنَا۠ مِنَ الْمُسْلِمِيْنَ ۝٩٠ اٰۤلْـٰٔنَ وَقَدْ عَصَيْتَ قَبْلُ وَكُنْتَ مِنَ الْمُفْسِدِيْنَ ۝٩١ فَالْيَوْمَ نُنَجِّيْكَ بِبَدَنِكَ لِتَكُوْنَ لِمَنْ خَلْفَكَ اٰيَةً ۗوَاِنَّ كَثِيْرًا مِّنَ النَّاسِ عَنْ اٰيٰتِنَا لَغٰفِلُوْنَ ۝٩٢

Dan Kami selamatkan Bani Israil melintasi laut, kemudian Firaun dan bala tentaranya mengikuti mereka, untuk menzalimi dan menindas (mereka). Sehingga ketika Firaun hampir tenggelam dia berkata, “Aku percaya bahwa tidak ada tuhan melainkan Tuhan yang dipercayai oleh Bani Israil, dan aku termasuk orang-orang Muslim (berserah diri).” Mengapa baru sekarang (kamu beriman), padahal sesungguhnya engkau telah durhaka sejak dahulu, dan engkau termasuk orang yang berbuat kerusakan. Maka pada hari ini Kami selamatkan jasadmu agar engkau dapat menjadi pelajaran bagi orang-orang yang datang setelahmu, tetapi kebanyakan manusia tidak mengindahkan tanda-tanda (kekuasaan) Kami. (Yūnus/10: 90–92)

Terkait firman Allah di atas, Ibnu Kaṡīr mengatakan bahwa sebagian Bani Israil meragukan kematian Firaun. Untuk menjawab keraguan itu, Allah memerintahkan laut untuk melemparkan jasad Firaun yang sudah tanpa roh ke dataran tinggi, lengkap dengan baju zirah kebanggaannya. Adapun maksud dari firman Allah “Maka pada hari ini Kami selamatkan kamu,” adalah bahwa Kami angkat jasad Firaun ke dataran tinggi. Sementara itu, firman Allah “dengan badanmu” berarti “dengan jasadmu” atau “dengan tubuh tanpa roh; masih dalam kondisi yang utuh, tidak robek. Yang demikian itu agar Bani Israil yakin dan mengetahui.”

Pengamatan antropologis masa kini mendukung pernyataan yang Allah sebutkan dalam ayat di atas. Penjelasannya adalah sebagai berikut. Diperkirakan Musa hidup pada abad ke-13 Sebelum Masehi (SM). Menurut dugaan, saat itu berdekatan dengan masa kekuasaan Ramses II. Musa memimpin eksodus kaum Yahudi dari Mesir ke Palestina, yang selama lebih dari lima abad diagungkan oleh kaum Yahudi. Kemasyhuran Musa menyebar ke Eropa sekitar 400 SM, sejalan dengan penyebaran agama Kristen. Beberapa abad kemudian Muhammad mengakui Musa sebagai seorang nabi. Dengan berkembangnya Islam, Musa menjadi tokoh yang dikagumi di seluruh dunia Islam (termasuk Mesir). Kini, sesudah tiga puluh dua abad terhitung dari masa hidupnya, Musa dihormati oleh orang Yahudi, Nasrani, dan Islam sekaligus, bahkan oleh kaum ateis sekalipun.

Di luar kemasyhurannya, informasi tentang kehidupan Musa tidak banyak. Ada spekulasi bahwa Musa sesungguhnya orang Mesir, karena namanya berbau Mesir dan bukan Yahudi. Nama Musa berarti "anak" atau "anak lelaki," dan banyak digunakan sebagai nama dari banyak Firaun. Spekulasi ini ditolak oleh banyak ahli.

Ada tiga hasil besar dalam sejarah manusia yang dapat dihubungkan dengan sejarah manusia. *Pertama*, Musa dianggap sebagai tokoh politik yang memimpin orang Yahudi eksodus besar-besaran dari Mesir. *Kedua*, Musa dianggap sebagai penulis jilid pertama Injil, yaitu Genesis, dan berperan dalam penyusunan Taurat. Musa juga berperan dalam penyusunan hukum yang mengatur perilaku kaum Yahudi, di antaranya "Sepuluh Perintah Keramat" (*Ten Commandments*). *Ketiga*, Musa juga dianggap berperan (di samping Ibrahim) dalam menentukan, memelihara, dan menyebarkan paham monoteisme (tauhid), yang menjadi dasar dua agama besar berikutnya, Nasrani dan Islam. Paham tentang keesaan Tuhan, yang dengan sepenuh hati dipercayai Musa, akhirnya menyebar ke sebagian besar dunia.

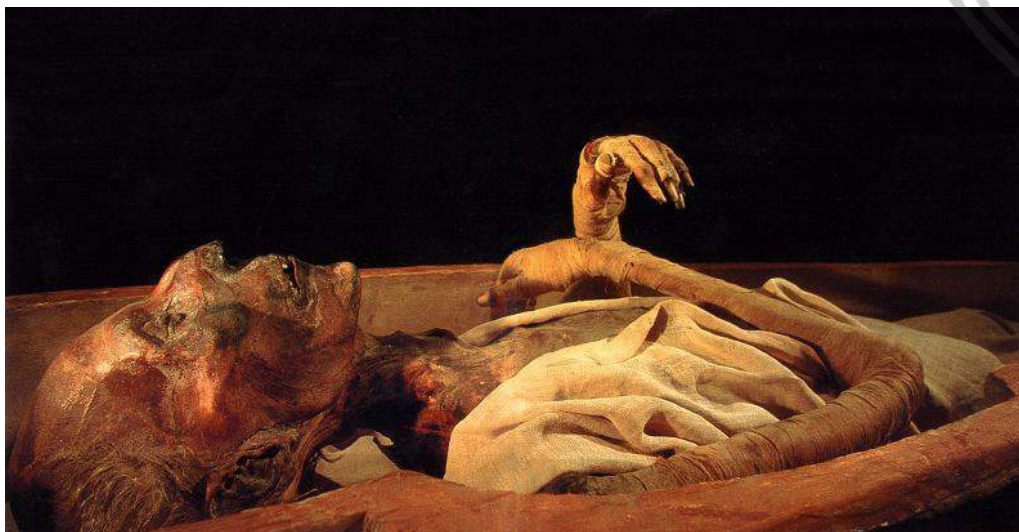
Dalam Taurat dan Injil disebutkan bahwa Firaun (diduga Ramses II) dan pasukan Mesir tewas tenggelam di dasar laut Merah. Salah satu bukti arkeologis adalah temuan Ron Wyat pada akhir 1988 yang berupa beberapa bagian kereta perang di dasar Laut Merah. Pengujian tulang yang ada di sekitar lokasi kereta memperlihatkan bahwa mereka tewas sekitar 3.500 tahun lalu, suatu masa yang sesuai dengan penyeberangan Laut Merah oleh Musa dan kaum Yahudi.

Akan tetapi, kemudian Al-Qur'an menyebutkan bahwa Firaun yang me-

mimpin pengejaran Musa terselamatkan dan dapat dijadikan pelajaran untuk semua orang. Pernyataan Al-Qur'an terbukti dengan ditemukannya mayat Ramses II oleh seorang arkeolog bernama Giovanni Battista Belzoni pada 1817, di makam mumi firaun yang tertimbun tanah (Gambar L.10.1). Salah satu keganjilannya menurut peneliti mumi Firaun, Maurice Bucaille, adalah bahwa jasad Ramses II memiliki kandungan garam yang sangat tinggi, suatu bukti bahwa jasadnya tenggelam di lautan. Akan tetapi, tubuhnya yang masih terpelihara baik (tidak rusak) menunjukkan bahwa kalaupun tenggelam, tidak dalam waktu yang terlalu lama, sebelum terjadinya proses pengawetan pertama.

B. PROSES PEMBUSUKAN TUBUH MANUSIA

Sebelum membahas lebih jauh tentang jasad yang tidak membusuk, ada baiknya kita mengetahui lebih dulu apa yang terjadi pada tubuh manusia saat mati. Pada dasarnya, raga manusia yang mati akan membusuk. Proses pembusukan itu secara umum terbagi dalam dua tahapan, yaitu:

1. *Autolysis*, yaitu suatu proses pencernaan semua organ tubuh oleh enzim yang sebelumnya berada di ruang antarsel. Proses pencernaan ini dapat dipercepat oleh lingkungan yang bersuhu tinggi. Sebaliknya, ia akan melambat bila suhu lingkungan cukup rendah.

Gambar L.10.1
Mumi Ramses II. (votreesprit.wordpress.com)

2. *Putrefaction*, yaitu proses pembusukan seluruh bagian tubuh oleh bakteri yang "terbebas" dari saluran usus.

Pada 38 jam pertama, bagian dada hingga kepala secara perlahan akan berubah warna menjadi kehijauan. Proses ini disusul dengan pembengkakan tubuh karena gas yang diproduksi oleh bakteri yang ada dalam saluran usus. Pembengkakan akan mengakibatkan perut membesar, bola mata menonjol keluar, dan lidah menjulur keluar akibat dorongan gas yang datang dari saluran pencernaan.

Pembusukan dilanjutkan dengan munculnya tonjolan-tonjolan berisi air pada kulit, rontoknya rambut, dan kuku yang mengkerut masuk ke dalam daging jari tangan dan kaki. Kulit kemudian membentuk pola belang-belang karena aliran cairan darah merah di bawah kulit akibat pecahnya saluran darah. Saat pembusukan mendekati akhir, seluruh tubuh akan berwarna hitam kehijauan dan cairan tubuh keluar dari berbagai lubang, khususnya mulut dan hidung. Daging dan otot akan pecah dan sobek serta mengeluarkan gas dan cairan.

Organ bagian dalam mulai membusuk. Usus menjadi organ dalam yang pertama kali membusuk karena ia adalah tempat tinggal utama berbagai jenis bakteri pembusuk dan pencerna. Selain itu, di usus juga terdapat banyak sekali bahan-bahan asam yang berperan dalam pencernaan makanan. Dengan tidak berjalannya proses sirkulasi di usus, bakteri dan asam akan mulai merusak dan "memakan" otot dan daging yang ada di sekitarnya. Pembusukan disusul oleh organ hati, ginjal, paru-paru, jantung, dan otak. Organ terakhir yang membusuk adalah kelenjar prostat dan uterus.

Lama waktu pembusukan tubuh manusia tergantung pada kondisi lingkungan. Kondisi lingkungan yang dingin dapat memperlambat pembusukan. Apabila kondisi lingkungan sangat dingin, mayat bahkan dapat terawetkan untuk waktu yang lama. Sebaliknya, kondisi lingkungan yang panas akan mempercepat proses pembusukan. Bahan makanan yang tersisa di saluran makanan juga dapat mempengaruhi waktu pembusukan. Mayat yang lambung dan ususnya masih berisi bahan makanan dalam jumlah besar akan lebih lambat mengalami proses pembusukan. Yang demikian itu karena bakteri dan asam masih memiliki material untuk dipecahkan. Sebaliknya, apabila lambung dan usus kosong, maka proses pembusukan dipercepat karena jasad renik akan secepatnya merusak dinding usus. Percepatan pembusukan dapat juga terjadi

apabila dinding lambung atau usus memiliki luka akibat infeksi.

Manusia mengenal suatu proses, baik yang bersifat alami, dengan campur tangan manusia, maupun bahkan kombinasi dari keduanya, untuk memperlambat atau bahkan menghentikan pembusukan pada tubuh manusia yang mati. Proses pengawetan mayat yang sangat dikenal adalah mumifikasi yang dilakukan di berbagai bagian dunia, mulai dari masa kuno di Mesir, Cina, Pasifik, Amerika Selatan, dan tempat lain. Ada pula suku-suku yang membawa mayat ke tempat-tempat di mana pengawetan tubuh dapat berjalan secara alami, seperti puncak gunung yang kering dan sangat dingin. Pengawetan secara alami yang hampir selalu dikaitkan dengan mistik agama juga banyak dilaporkan; kebanyakan datang dari kawasan Eropa (dengan berbagai usaha penipuannya).

C. MUMIFIKASI

Mumifikasi adalah proses pengawetan tubuh manusia atau hewan mati (secara utuh maupun bagian tubuh tertentu) dengan memanfaatkan teknologi pembalseman dan teknologi lain yang dikuasai manusia. Hasil dari proses ini disebut mumi. Bentuk seperti mumi dapat pula terjadi secara alami karena pengaruh lingkungan.

1. Mumifikasi Alami

Banyak kondisi alam yang dapat menyebabkan terjadinya mumi secara alami. Telah diketahui bahwa mayat dapat awet apabila berada di kawasan yang dingin membeku, tenggelam dalam lumpur rawa gambut yang tidak mengandung oksigen, atau berada di lingkungan pasir atau tanah yang panas dan kering di kawasan gurun.

Mumi alami di antaranya ditemukan di kawasan gurun pasir Taklimakan, Cina. Proses mumifikasi terjadi karena mayat dikubur tanpa pelindung di lingkungan lubang pasir yang panas. Pasir yang panas akan segera menyerap semua cairan tubuh, dan meninggalkan mayat dengan organ tubuh terawetkan. Kulit akan mengering dan berwarna kecoklatan.

Informasi yang diperoleh dari temuan mumi Taklimakan sangat penting dalam upaya mempelajari pergerakan kelompok manusia modern di masa

Gambar L.10.2
Mumi dari kawasan gurun pasir Taklimakan, Cina. *(meshrep.com)*

lalu. Mumi yang ditemukan memiliki ciri orang-orang keturunan Indo-Eropa (Gambar L.10.2). Satu di antaranya (diperkirakan hidup sekitar 1000 tahun SM), bahkan memiliki tato matahari bersinar. Tato demikian ini merupakan simbol dewa di kawasan Indo-Iran. Bukti ini memperlihatkan bahwa pada suatu masa ada aliran migrasi atau aktivitas perdagangan dari Eropa atau Asia Tengah ke kawasan Taklimakan. Hal ini terjadi sebelum orang Han dari Cina masuk ke kawasan ini.

Mumi yang terjadi secara alami juga ditemukan di kawasan puncak Pegunungan Alpen yang selalu diselimuti salju. Mumi yang ditemukan di cekungan batu yang tertimbun salju pada 1991 ini dijuluki "Iceman". Jasad yang utuh berasal dari masa perunggu, sekitar 5.300 tahun lalu. Di samping tubuhnya ditemukan peralatan kerja yang mewakili tingkat teknologi saat itu, informasi tentang kesehatannya, dan juga kebudayaan saat itu (seperti membuat tato). Temuan ini sangat menolong dalam mengungkap perikehidupan manusia di Masa Perunggu.

Mumifikasi dapat juga terjadi secara tidak sengaja. Pada abad ke-19, merupakan kebiasaan di beberapa bagian Meksiko untuk mengkremasi mayat yang telah dikubur selama 5 tahun. Pada tahun 1865, di kota Guanajuato, Meksiko, ditemukan mayat-mayat yang masih utuh saat dilakukan penggalian di pekuburan umum. Mayat-mayat utuh itu kini dipamerkan di museum kota tersebut (Gambar L.10.3). Tanah di wilayah ini yang kering dan tinggi kadar garamnya kemungkinan menjadi penyebab keawetan mayat.

Gambar L.10.3
Beberapa mumi dari Guanajuato, Meksiko, yang dipamerkan di museum kota tersebut. (cultcase.com)

Namun demikian, belum ada penjelasan mengapa jasad dalam liang kubur tertentu terawetkan, sedang jasad dalam liang kubur yang lain tidak.

Suasana yang dibentuk lumpur rawa gambut dapat pula mendorong terjadinya mumifikasi. Hal ini terjadi pada "Tallund Man" (Gambar L.10.4). Mumi ini ditemukan di Eropa dan sudah berumur 2.000 tahun. Diduga laki-laki ini mati karena hukuman gantung, dan mayatnya dilemparkan ke rawa gambut. Saat digali pada 1950, tubuhnya masih dalam keadaan baik, bahkan rambut kepala dan jenggotnya pun masih menempel kuat pada kulitnya.

Gambar L.10.4
Mumi yang dikenal dengan nama "Tallund man".
(cultcase.com)

2. Teknologi Mumifikasi

Ilmu pengetahuan dan teknologi mengenai pengawetan mayat secara modern mulai dirintis di Mesir kuno. Teknologi mumifikasi mencapai puncaknya pada 1570–1075 SM. Proses mumifikasi di Mesir kuno secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Tubuh mayat dibawa ke tenda yang disebut "Ibu", suatu tempat untuk penyucian. Mayat dimandikan dengan air anggur yang terbuat dari buah kurma, dan dibilas dengan air dari sungai Nil.
2. Membuat irisan pada bagian sisi tubuh mayat, dekat bagian perut, untuk mengeluarkan organ bagian dalam, kecuali jantung. Organ ditutup bubuk garam natron dan dibiarkan mengering. Jantung tidak diambil karena dianggap sebagai pusat kecerdasan dan perasaan yang diperlukan mayat di alam kematian.
3. Mengeluarkan otak mayat dari batok kepala dengan kait yang dimasukkan melalui lubang hidung.
4. Mencuci bagian dalam tubuh dengan cairan anggur dan beberapa macam bumbu.
5. Membungkus tubuh dan bagian dalam tubuh yang kosong dengan bubuk garam natron selama 40–70 hari.

Gambar L.10.5
Ilustrasi mengenai proses mumifikasi di Mesir. (people.tribe. net)

Usai dibungkus kain, tubuh dicuci dengan air sungai Nil dan diberi minyak agar kulitnya tetap elastis. Organ dalam yang telah mengering dibungkus kain dan dikembalikan ke dalam bagian perut. Bagian dalam tubuh lalu diisi serbuk gergaji, daun kering, atau kain, agar mayat tampak seperti pada hidupnya. Tubuh mayat lantas diberi minyak wangi, dibungkus kain, dan dimasukkan ke peti mati.

Bubuk garam natron diambil dari pantai danau yang terletak di kawasan padang pasir, di bagian barat delta sungai Nil. Garam ini digunakan untuk menyerap semua cairan yang dihasilkan mayat. Hasilnya lebih baik daripada mayat yang dikuburkan di padang pasir. Dengan menggunakan garam ini pada proses mumifikasi, kulit mayat tidak mengeras dan warna kulitnya tidak berubah gelap.

Mesir kuno memang memiliki teknologi mumifikasi terbaik, namun mereka bukan yang pertama melakukan mumifikasi. Masyarakat di Chinchorro di Chile bagian utara telah mempraktikkan mumifikasi pada 5.000 tahun SM, sekitar 2.000 tahun sebelum masyarakat Mesir mengenalnya. Cara yang mereka gunakan berbeda dengan cara yang dilakukan di Mesir. Masyarakat di Chinchorro mula-mula memotong-motong anggota tubuh mayat, kemudian menyambungnya dengan tali dan ranting dari bahan tum-

Gambar L.10.6
Mumi Chinchorro dari Chile. (news.sciencemag.org)

buhan. Setelah itu, mereka membalutnya dengan lumpur hitam yang diukir dengan muka manusia, dan diberi ornamen. Cara ini tampak seperti penggabungan antara proses pembuatan mumi dan patung sekaligus.

Bangsa Indian Inca di Peru juga melakukan mumifikasi, yakni dengan menempatkan mayat di puncak pegunungan Andes, dan membiarkan alam melakukannya. Lingkungan yang kering dan sangat dingin diduga berperan dalam penga-wetan mayat.

Beberapa masyarakat aborigin Guanches yang hidup di kepulauan Canary, Lautan Pasifik, dikenal mengawetkan anggota keluarganya yang meninggal. Teknologi pengawetannya mirip dengan apa yang dipraktikkan di Mesir kuno. Teknologinya bervariasi dari satu pulau ke pulau lainnya; ada yang hanya dibungkus dengan kulit domba atau kambing, dibungkus dengan daun dari beberapa jenis tumbuhan, menggunakan getah pohon tertentu, dan sebagainya. Mumi yang masih ada berada dalam kondisi kering dan beratnya hanya sekitar 5 kg. Mumifikasi juga banyak dilakukan masyarakat di berbagai tempat di Papua.

Salah satu mumi lain yang terkenal adalah "Lady Cheng" dari Cina (Gambar L.10.7). Mumi yang telah berumur 2.000 tahun ini diletakkan pada

Gambar L.10.7
Mumi dari Cina yang dijuluki "Lady Chen". (navy22.com)

suatu wadah yang berisi cairan pengawet yang menyebabkan kulitnya relatif lembut. Cairan pengawet ini belum selesai diteliti, namun diperkirakan ia mengandung merkuri yang menjadi kunci pengawetan.

Proses mumifikasi modern dimulai pada akhir abad ke-19, ketika masyarakat sangat mengagumi mumi dari masa Mesir Kuno yang baru saja digali. Mumi dari Vladymir Ilyich Lenin, Mao Zhe Tung, Eva Peron, dan beberapa lainnya dapat ditemukan saat ini. Formula yang digunakan untuk mumifikasi Lenin masih dirahasiakan. Akan tetapi, yang jelas, pemeliharaannya terus dilakukan dari waktu ke waktu. Mayat Lenin dalam waktu tertentu direndam dalam cairan pengawet dan dipamerkan kembali. Pakainnya dibuat anti air (*waterproof*) sehinnga cairan di tubuh mayatnya tidak menguap keluar. Sementara itu, mumi Eva Peron dibentuk dengan mengganti semua cairan tubuhnya dengan lilin.

3. Proses Mumifikasi pada Diri Sendiri (*self mummification*)

Satu teknologi pengawetan jasad yang luar biasa banyak dilakukan para pendeta Buddha di beberapa wilayah di Asia, seperti Vietnam, Cina, dan Jepang. Proses demikian dikenal dengan istilah kultivasi (*cultivation*). Banyak mayat utuh pendeta Buddha dalam berbagai posisi ditemukan tanpa adanya tanda-tanda proses mumifikasi. Mereka diduga melakukan pengawetan terhadap tubuhnya sendiri sejak saat mereka masih hidup. Banyak pendeta Buddha Mahayana menginstrusikan murid-muridnya untuk mengatur mayatnya dalam berbagai posisi, dan menguburkannya dengan cara tertentu. Kuburan akan digali setelah tiga tahun. Mayat yang masih utuh dikeluarkan, dihias dan diletakkan di kuil.

Dipercaya bahwa pada masa hidupnya, para pendeta itu yang sudah tahu akan meninggal melakukan diet khusus untuk maksud mumifikasi. Contoh yang terekam dengan baik adalah pada pendeta Buddha di Jepang dari kelompok Sukoshinbutsu di masa lalu. Dietnya terdiri atas garam, jenis-jenis kacang-kacangan, biji, akar, daun, dan kulit kayu tertentu. Ada juga yang minta dikubur hidup-hidup dalam kotak kayu yang berisi garam. Praktik ini kini tidak lagi dilakukan karena pemerintah Jepang telah melarangnya.

Praktik mumifikasi sendiri juga dilakukan di Vietnam. Jasad biksu luhur Vietnam, Vu Khac Minh, yang hidup pada abad ke-17 di Provinsi Ha Tay, bagian utara Vietnam, terbukti tidak rusak. Ia berada dalam posisi meditasi. Berbeda dengan mumifikasi yang dilakukan di bagian bumi lainnya, organ bagian dalam di tubuh bikshu Vu Khac

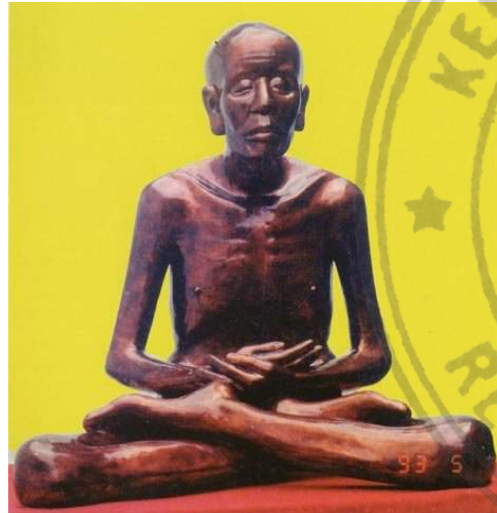
Minh ditemukan masih utuh. Isi rongga perut dan dadanya tetap tersimpan dalm kondisi utuh, demikian juga hati, otak, dan jantungnya.

Keadaan yang sama terjadi pada jasad Wu Yun Qing di Cina. Bahkan, setelah meninggal selama 823 hari, jubah almarhum tidak rusak, kulitnya lembut, rambut kepala dan jenggot masih melekat, dan otot punggungnya masih tetap lentur. Di bawah sinar matahari, kulitnya bahkan tetap terlihat kemerah-merahan. Gambar-gambar berikut merupakan gambaran dari usaha mumifikasi diri sendiri.

Gambar L.10.8
Searah jarum jam: Penampakan jasad Wu Yun Qing dari Cina, mumi bhiksu Vu Khac Minh dari Vietnam yang tetap awet setelah meninggal, dan mumi pendeta Buddha dari kelompok Sukoshinbutsu di Jepang. (foreigners-in-china.com; eviden-ccbdhk.com; blogabout. blogspot. com)

D. BEBERAPA KISAH TUBUH YANG AWET

Ada banyak dokumen dan bukti yang memperlihatkan eksistensi mayat yang awet secara alami setelah dikuburkan selama bertahun-tahun, bahkan beratus tahun. Gereja Katholik menggunakan keawetan tubuh seseorang dalam menentukan status orang tersebut se-

bagai orang suci yang disebut Santa. Hal ini bahkan sering dijadikan sebagai bagian dari mistik agama Katholik, misalnya tentang isu adanya mukjizat yang dilakukan oleh individu tersebut di masa hidupnya, atau bahkan pada saat ini. Kebiasaan ini sudah dihentikan Vatikan pada abad ke-20 karena maraknya pemalsuan tentang keawetan tubuh alami. Paling tidak, ada satu mayat yang "awet" di mana individunya kurang pantas disebut orang suci, yaitu pejabat gereja Cardinal Shuster. Dia adalah seorang fasis, pembantu dan karib diktator Italia, Benito Mussolini. Mayat Shuster ditemukan awet saat digali 31 tahun pasca-kematiannya.

Jasad yang terawetkan banyak ditemukan di berbagai tempat di Italia. Mungkin saja hal ini disebabkan oleh lingkungan (tipe tanah, lokasi pekuburan yang kebanyakan berada di gua atau ruang bawah tanah yang sejuk dan kering) yang mendukung pengawetan jasad. Misalnya, temuan dalam penggalian 17 kuburan yang berasal dari abad ke-14 di bawah Katredal Venzone, Italia. 27 jenazah yang dikeluarkan dari 10 kuburan dijumpai dalam kondisi awet, sedangkan jenazah-jenazah yang dikeluarkan dari tujuh kuburan lainnya sudah dalam konsisi hancur, atau tinggal tulang belulang. Dari sini diketahui bahwa dalam wilayah yang sangat berdekatan terjadi proses yang berbeda. Misteri ini hingga kini belum terjawab.

Salah satu tubuh mayat yang terawetkan (yang dipercaya terjadi secara alami) dengan sangat baik adalah mayat seorang gadis berumur dua tahun dari Sicilia, Italia, bernama Rosalia Lombardo. Gadis ini meninggal pada 1920 karena sakit pneumonia. Mayat gadis ini terlihat seperti tidur di dalam peti mati dari kaca di dalam

Gambar L.10.9
Mumi Rosalia dari Sicilia, Italia. (news.nationalgeographic.com)

ruang penguburan (*catacombs*) Capuchin di Palermo, Italia (Gambar L.10.9). Rahasia keawetan mayat gadis ini terungkap setelah seorang antropolog bernama Daria Piombino-Mascali menemukan tulisan mengenai formula bahan pengawet Rosalia Lombardo. Penyelidikan sang antropolog sampai pada catatan formula yang dibuat seorang taksidermis, ahli mengawetkan hewan mati, yang merupakan keluarga Rosalia Lombardo. Catatan tulisan tangan ini menyebut beberapa bahan kimia yang disuntikkan ke tubuh Rosalia, seperti formalin, garam seng, alkohol, asam salisilik, dan gliserin.

Formalin, salah satu bahan yang digunakan oleh para pengawet mayat, adalah campuran formaldehida dan air. Ia berfungsi mematikan bakteri pembusuk. Alkohol, dan suasana *catacombs* yang berudara kering akan menjadikan tubuh Rosalia Lombardo mengering, dan memungkinkan terjadinya proses mumifikasi. Kehadiran gliserin dalam tubuh mayat mencegahnya menjadi terlalu kering, sedang asam salisilik mencegah tumbuhnya jamur di tubuh mayat. Akan tetapi, dari semua bahan di atas, peran garam seng adalah yang terbe-sar dalam menjaga kondisi jasad Rosalia Lombardo yang kaku tetap tampak lembut.

Beberapa temuan lainnya adalah Bernadette yang meninggal pada 1879. Tubuhnya tidak rusak saat digali pada 1909, 1919, dan 1923. Pada penggalian ketiga tubuhnya dibedah, dan ditemukan bahwa organ tubuhnya masih lunak. Saat ini tubuhnya ditaruh di lemari kaca di Nevers, Perancis. Tangan dan mukanya (yang berada di luar jubah) tampak sangat hidup karena dilapisi lilin. Di bawah lapisan lilin, kulitnya berwarna kecoklatan. Badannya tidak terpisah-pisah dan masih tetap utuh; suatu keadaan yang belum ada penjelasannya.

Demikian juga mayat Saint Catherine dari Bologna yang meninggal pada 1463. Ia dikuburkan tanpa peti. Setelah beberapa minggu, mayat digali dan tidak memperlihatkan adanya proses pembusukan. Mayatnya dipamerkan sejak tahun 1500 sampai kini tanpa perubahan. Dia didudukkan di kursi di antara lilin-lilin di gereja di Bologna, Italia. Walaupun kulitnya berwarna kecoklatan dan tubuhnya sedikit mengkerut, tetapi secara fisik masih menjadi satu. Keadaan seperti ini masih belum bisa dijelaskan secara sains.

Sementara itu, jasad Saint Silvan yang masih utuh dipamerkan di salah satu gereja di Dubrovik, Kroasia. Jasad ini telah dipamerkan selama 1.700 tahun (sejak meninggalnya pada abad ke-4). Alis mata dan rambut keritingnya masih ada dan tampak seperti hidup. Kulitnya masih berwarna seperti masih

hidup. Demikian pula bibirnya. Semua keawetan tubuh ini masih belum dapat dijelaskan secara ilmiah.

E. PENUTUP

Dari uraian di atas tampak bahwa tidak semua jasad manusia maupun hewan (yang terbuat dari material karbon) diurai oleh jasad renik setelah kematiannya. Manusia pilihan dapat mengalami hal demikian karena faktor lingkungan atau merupakan kuasa Allah. Kuasa Allah untuk mengawetkan atau tidak mengawetkan makhluk hidup yang berbahan dasar karbon digambarkan dalam firman Allah,

اَوْ كَالَّذِيْ مَرَّ عَلٰى قَرْيَةٍ وَّهِيَ خَاوِيَةٌ عَلٰى عُرُوْشِهَاۚ قَالَ اَنّٰى يُحْيٖ هٰذِهِ اللّٰهُ بَعْدَ مَوْتِهَاۚ فَاَمَاتَهُ اللّٰهُ مِائَةَ عَامٍ ثُمَّ بَعَثَهٗ ۗ قَالَ كَمْ لَبِثْتَ ۗ قَالَ لَبِثْتُ يَوْمًا اَوْ بَعْضَ يَوْمٍ ۗ قَالَ بَلْ لَّبِثْتَ مِائَةَ عَامٍ فَانْظُرْ اِلٰى طَعَامِكَ وَشَرَابِكَ لَمْ يَتَسَنَّهْۚ وَانْظُرْ اِلٰى حِمَارِكَ ۗ وَلِنَجْعَلَكَ اٰيَةً لِّلنَّاسِ وَانْظُرْ اِلَى الْعِظَامِ كَيْفَ نُنْشِزُهَا ثُمَّ نَكْسُوْهَا لَحْمًا ۗ فَلَمَّا تَبَيَّنَ لَهٗ ۙ قَالَ اَعْلَمُ اَنَّ اللّٰهَ عَلٰى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيْرٌ ﴿٢٥٩﴾

Atau seperti orang yang melewati suatu negeri yang (bangunan-bangunannya) telah roboh hingga menutupi (reruntuhan) atap-atapnya, dia berkata, "Bagaimana Allah menghidupkan kembali (negeri) ini setelah hancur?" Lalu Allah mematikannya (orang itu) selama seratus tahun, kemudian membangkitkannya (menghidupkannya) kembali. Dan (Allah) bertanya, "Berapa lama engkau tinggal (di sini)?" Dia (orang itu) menjawab, "Aku tinggal (di sini) sehari atau setengah hari." Allah berfirman, "Tidak! Engkau telah tinggal seratus tahun. Lihatlah makanan dan minumanmu yang belum berubah, tetapi lihatlah keledaimu (yang telah menjadi tulang belulang). Dan agar Kami jadikan engkau tanda kekuasaan Kami bagi manusia. Lihatlah tulang belulang (keledai itu), bagaimana Kami menyusunnya kembali, kemudian Kami membalutnya dengan daging." Maka ketika telah nyata baginya, dia pun berkata, "Saya mengetahui bahwa Allah Mahakuasa atas segala sesuatu." (al-Baqarah/2: 259)

Ayat ini memperlihatkan kuasa Allah untuk mematikan dan menghidupkan makhluk ciptaan-Nya. Demikian juga, Allah memberi contoh kekuasaan-Nya dengan membandingkan apa yang terjadi pada makanan (yang tetap utuh) dan keledai (yang tinggal tulang belulang) dalam jangka waktu 100 tahun; suatu hal yang kontradiktif dalam peristiwa yang menyangkut kegiatan jasad renik. Allah menghentikan tugas jasad renik, sehingga ia tidak merusak makanan dan minuman. Dalam waktu yang sama, Allah memberlakukan sunah-Nya dengan membiarkan jasad renik melakukan tugasnya, yaitu melakukan proses penguraian pada keledai. Demikianlah, Allah Mahakuasa atas segala sesuatu. []

DAFTAR PUSTAKA

Abū Dāwūd, *Sunan Abī Dāwūd*, Damaskus: Dar ar-Risalah al-'Alamiyyah, 2009.

'Aliy bin 'Umar ad-Dāruquṭniy, *Sunan ad-Dāruquṭniy*, Beirut: Mu'assasah ar-Risalah, 2005.

al-Bagawiy, al-Ḥusain bin Mas'ūd, *Tafsīr al-Bagawiy (Ma'ālim at-Tanzīl fī Tafsīr al-Qur'ān)*, Beirut: Dar Taybah, 1997.

al-Baihaqiy, Abu Bakr bin al-Ḥusain, *as-Sunan al-Kubrā*, Beirut: Dar al-Kutub al-'Ilmiyyah, 2003.

al-Bazzār, *Musnad al-Bazzār (al-Baḥr az-Zakhkhār)*, Madinah: Maktabah al-'Ulum wa al-Hikam, 2005.

al-Bukhāriy, *Ṣaḥīḥul-Bukhāriy*, Damaskus: Dar Ibni Kasir, 2002.

Ibnu Ḥanbal, Aḥmad, *al-Musnad*, Kairo: Dar al-Hadis, 1995.

Ibnu Mājah, *Sunan Ibni Mājah*, *taḥqīq* Muḥammad Fu'ād 'Abdul-Bāqī, Beirut: Dar Ihya' al-Kutub al-'Arabiyyah, t.th.

Muslim bin Ḥajjāj, *Ṣaḥīḥ Muslim,* Kairo: Dar Ihya' al-Kutub al-'Arabiyyah, 1991.

an-Nasā'iy, Aḥmad bin Syu'aib, *as-Sunan al-Kubrā*. Beirut: Mu'assasah ar-Risalah, 2001.

aṭ-Ṭabariy, Muḥammad bin Jarīr, *Tafsīr aṭ-Ṭabariy (Jāmi' al-Bayān fī Ta'wīl al-Qur'ān)*, Beirut: Mu'assasah ar-Risalah, 2000.

at-Tirmiżiy, *Sunan at-Tirmiżiy*, *taḥqīq* Aḥmad Muḥammad Syākir, Kairo: Mustafa al-Babiy al-Halabiy, 1977.

Strohl, WR (Ed), *Biotechnology of Antibiotics, 2nd Ed, Revised and Expanded*, Wilmington: AAI Inc., 1997.

Tim Penyusun, *Al-Qur'an dan Tafsirnya*, Jakarta: Kementerian Agama RI, cet. I, 2008.

INDEKS

A

B

C

D

E

F

G

M

N

O

P

Q

R

S

AN AGAMA
NTASHIHAN
AL-QUR'AN
INDONESIA

بسم الله الرحمن الرحيم

تنــدا تصحيح

NO: P.VI/1/TL.02.1/1510/2015
Kode: A8G-III /U/1/XI/2015

لـجنه فنـتـصحيحن مصحف القراٰن كمنتريان اڬام ريفوبليك اندونيسـيا تلـه منـتصحيح اٰية-اٰية القراٰن دالم تفسير اٰية كونية دڠن تيـما "جسد رنيك دالم فرسفكتف القران دان سينس" يڠ دتربتكن اوله لجنه فنتصحيحن مصحف القراٰن بادن لتبڠ دان ديكلت كمنتريان اڬام ريفوبليك اندونيسيا.

دجتاك : س ف. دوتا فوترا مانديري، جاكرتا

اكورن : ١٧،٥ x ٢٥ س م

جاكرتا، ١ صفر ١٤٣٧ هـ
١٣ نوفمبر ٢٠١٥ م

تيم فلاكسنا فنـتـصحيحن مصحف القراٰن

كتوا
دكتور حاج مخلص محمد حنفي

سكرتاريس
دكتور حاج احسن سخاء محمد